



Birnbaum, Stefan

Stereoskopische Filmproduktion in 2011

Was sind die Unterschiede zu einer 2D-Produktion und welche
Probleme gibt es im digitalen Zeitalter?

– Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida – University of Applied Science (FH)



Fachbereich Medien

Birnbaum, Stefan

Stereoskopische Filmproduktion in 2011

Was sind die Unterschiede zu einer 2D-Produktion und welche
Probleme gibt es im digitalen Zeitalter?

– eingereicht als Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida – University of Applied Science (FH)

Erstprüfer
Prof. Dr. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer
Clemens Szelies

Berlin - 2011

Bibliografische Beschreibung und Referat

Birnbaum, Stefan:

Stereoskopische Filmproduktion in 2011 – Was sind die Unterschiede zu einer 2D-Produktion und welche Probleme gibt es im digitalen Zeitalter? - 2011 - 57 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien, Bachelorarbeit

Referat

Die Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der stereoskopischen Filmproduktion. Ziel der Arbeit ist es aktuelle Entwicklungen und Probleme aufzuzeigen und den früheren Phasen sowie der klassischen Filmproduktion gegenüberzustellen.

Nach einem kurzen geschichtlichen Abriss und einer Einführung in die technologischen Grundlagen werden die einzelnen Filmproduktionsabschnitte durchleuchtet. Standardabläufe, Neuerungen und Probleme werden dabei aufgezeigt.

In der Arbeit wird ersichtlich, wie stark der Einfluss der Digitalisierung auf die heutige Stereoskopie ist und dass sie damit eine bisher unvergleichbare Möglichkeit erhält, sich auf dem Unterhaltungsmarkt durchzusetzen.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Einleitung	VIII
1. Grundlagen - Stereoskopie	10
1.1. Stereoskopisches Prinzip	10
1.2. Technologie	12
1.3. Wirkung auf den Menschen.....	16
2. Anfänge des stereoskopischen Films.....	18
2.1. Geschichte	18
2.2. Verfahrensweisen und Probleme	19
3. Stereoskopische Filmproduktion	21
3.1. Präproduktion.....	21
3.1.1. 3D - ja oder nein?	21
3.1.2. Tiefenskript.....	23
3.1.3. Weitere tiefenrelevante Entscheidungen.....	24
3.2. Drehphase	27
3.2.1. Equipment - alte Technik in neuer Form.....	27
3.2.2. Workflow.....	31
3.3. Postproduktion	33
3.3.1. Materialvorbereitung	33
3.3.2. Schnitt, VFX/CGI, Grading und Ausspielung.....	36
3.4. Auswertung	38
3.4.1. Kino und Themenpark	39
3.4.2. DVD / Blu-ray	41
3.4.3. Fernsehen und Internet.....	41
4. Aussichten.....	44
4.1. Technologien.....	44

4.2. Standards.....	46
4.3. Berufsbild Stereograf	46
5. Diskussion	48
6. Schlusswort.....	52
Danksagung	53
Literaturverzeichnis.....	54

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Parallaxe	11
Abb. 2	Parallelrig	13
Abb. 3	Spiegelrig	13
Abb. 4	Negativparallaxe	15
Abb. 5	Positivparallaxe	15
Abb. 6	Beispiel eines Tiefenskriptes.....	23
Abb. 7	Formel zur Berechnung der NPP	25
Abb. 8	Steve Hines und sein Disney-Dual-Camera-3D-Rig	28
Abb. 9	Keystone-Effekt.....	34
Abb. 10	Beispielbild 3D-Tile-Format.....	42

Abkürzungsverzeichnis

CGI	Computer Generated Image
HIT	Horizontal Image Transition
NP	Native Parallax
NPP	Native Pixel Parallax
S3D	Stereo 3D
SD/HD	Standard/High Definition
VFX	Visual Effects

Einleitung

Die malerische Kunst, die Foto- und die Kinematografie haben in ihrer Funktion der Abbildung etwas gemeinsam: sie bedienen sich einer Vielzahl von Werkzeugen, um dem Betrachter räumliche Tiefe zu vermitteln. Perspektive, Beleuchtung und Bewegung sind nur einige dieser Werkzeuge, welche das menschliche Gehirn interpretiert und damit in der Lage ist, den Raum in seiner Tiefe wahrzunehmen. Dabei ist jedoch die effektivste Fähigkeit des Menschen das stereoskopische Sehvermögen. Es ermöglicht ihm räumliche Wahrnehmung seiner Umwelt durch das gleichzeitige Sehen zweier unterschiedlicher Perspektiven.

Obwohl der Gedanke, dieses Verfahren auch bei der Aufnahme von Bildern auf ein Medium zu verwenden nicht neu ist, gab es bisher immer wieder Schwierigkeiten bei der Umsetzung, die die Stereoskopie an ihrem Durchbruch hinderten und somit auch die Evolution des Bewegtbildes vom Schwarz-Weiß- hin zum „3D-Film“ aufhielten. Erst das 21. Jahrhundert bringt Technologien mit sich, die diese nun möglich machen.

Die nachfolgende Arbeit beschäftigt sich mit den Besonderheiten bei der Herstellung von stereoskopischen Spielfilmen. Konkret soll gezeigt werden, inwiefern sich solch eine Filmproduktion von konventionellen 2D-Produktionen unterscheidet. Dabei werden die einzelnen Teilabschnitte Preproduktion, Dreh, Postproduktion und Auswertung betrachtet - letzterer jedoch eher in technischer als wirtschaftlicher Hinsicht.

Um einen Einstieg in das Thema zu geben und die Verständlichkeit der eigentlichen Schwerpunkte zu erleichtern, wird das Verfahren Stereoskopie zunächst allgemein erklärt. Auf problemspezifisches Hintergrundwissen wird an entsprechender Stelle eingegangen. Daraufgehend wird die Entwicklung stereoskopischer Filme von den Anfängen über die immer wiederkehrenden Popularitätsschübe in den 1950ern und 1970ern bis hin zur aktuellen digital unterstützten Herstellung wiedergegeben. Die dabei auftretenden Problematiken und Fragestellungen werden in die zeitlichen Relationen gesetzt und dabei versucht vom heutigen Stand auf Zukunftsaussichten zu schließen.

Der Kern der Arbeit betrifft jedoch die aktuelle Situation. Auf welchem technischen Stand befindet sich die S3D-Produktion? Welche Probleme hat sie gegenwärtig und welchen Einfluss nimmt sie auf die Herangehensweise bei der Umsetzung eines Projektes?

Die zur Bearbeitung dieser Fragestellungen herangezogenen Quellen finden sich in Fachbüchern und -zeitschriften, aber aufgrund der Aktualität und Schnellebigkeit des Themas vor allem auf Fachseiten und Homepages sowie in spezifischen Blog-Diskussionen im Internet.

1. Grundlagen - Stereoskopie

1.1. Stereoskopisches Prinzip

Unter Stereoskopie versteht man die Wiedergabe von Bildern zum Zwecke der Vermittlung räumlicher Tiefe. Der Begriff leitet sich von den griechischen Worten „stereos“ (Raum/räumlich, fest) und „skopeo“ (betrachten) ab.¹ Mit diesem Verfahren ist es möglich, auf einer zweidimensionalen Oberfläche (Leinwand etc.) Dreidimensionalität zu erzeugen. Hierzu ist es zuerst erforderlich das abzubildende Motiv aus zwei unterschiedlichen Perspektiven aufzunehmen. Anschließend muss bei der Wiedergabe dem jeweiligen Auge die entsprechende Bildinformationen separat zugeteilt werden. Nur so kann im Gehirn der gleiche Verarbeitungsprozess angeregt werden, der auch beim normalen Sehen abläuft.² Dem Gehirn wird also eine Illusion von räumlicher Wirklichkeit vorgespielt. Damit dies funktioniert, müssen bestimmte Erwartungen erfüllt werden, welche aus der Erfahrung mit der Umwelt resultieren. Wenn zum Beispiel ein Auto hinter eine Mauer fährt, verschwindet es erwartungsgemäß aus dem Sichtfeld. Das wissen wir aus Erfahrung. Ist dies nicht der Fall, bleibt nur eine logische Konsequenz - das Auto muss vor der Mauer entlangfahren. Die Einschätzung, ob es vor oder hinter die Mauer fahren wird und welche Erwartung es demnach weckt, fällen wir aufgrund verschiedener Hinweise: der Tiefenstaffelung am Boden, der erfahrungsgemäßen Größe, der relativen Bewegung der Objekte bei Kopfbewegung, des Helligkeits- und Kontrastanscheins sowie aufgrund der Perspektivendisparität^{3,4}. Letztere ist grundlegend für die Stereoskopie. Aufgrund der durchschnittlichen Entfernung des linken Auges zum rechten von etwa 65 mm entsteht beim Sehen eine Disparität zwischen beiden Abbildungen, auch Parallaxe genannt. Diese wird gemessen an dem Winkel, der entsteht, wenn beide Augen ein Objekt in einer bestimmten Entfernung anvisieren und

¹ Wikipedia: „Stereoskopie“, 17.5.2011, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Stereoskopie>, Abruf: 13.7.2011

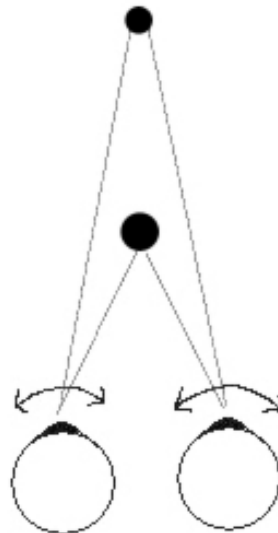
² Film & TV Kameramann 1/2011. 60

³ Disparität: Nebeneinander von Ungleichem

⁴ Mendiburu 2009, 11

sich somit dort die Blickachsen im sogenannten Konvergenzpunkt treffen (Abb. 1).

Abbildung 1: Parallaxe⁵



Konvergieren unsere Augen auf ein nähergelegenes Objekt, entsteht eine größere Parallaxe. Das hat zur Folge, dass die gleichzeitig wahrgenommenen Informationen über Vorder- und Hintergrundobjekte unterschiedlicher sind, was die Relation zwischen linkem und rechtem Bild betrifft. Je näher sich ein Objekt befindet, desto größer der räumliche Eindruck, den wir gewinnen.⁶

Das Sehzentrum wertet die sich mit jedem Blick ändernde Parallaxe aus und gleicht sie mit der Sehgewohnheit des Menschen ab. All das passiert in Sekundenbruchteilen. Werden dabei die gewohnheitsgemäßen Erwartungen in einem Punkt nicht erfüllt, kommt der sonst routiniert ablaufende Verarbeitungsprozess ins Stocken. Kurzum: die Realität wird in Frage gestellt; die Illusion ist gestört.

⁵ Thomas Steinberger: „Dauber parallaxe vorlage“, URL: http://wiki.malerfreunde.com/Datei:Dauber_parallaxe_vorlage.jpg
Abruf: 13.7.2011

⁶ Film & TV Kameramann 1/2011, 60

1.2. Technologie

Die Stereoskopie macht sich die menschlichen Fähigkeiten zu Nutze, indem sie auf ähnliche Art und Weise Bilder aufnimmt, wie die Augen. Um stereoskopische Aufnahmen zu herzustellen, seien es Stand- oder Bewegtbilder, ist es notwendig, zwei synchrone Abbildungen zu erzeugen. Das geschieht im Normalfall mit zwei separaten Kameras des gleichen Modells, deren Aufzeichnungsfrequenz und -phase aufeinander abgestimmt ist. Bei Konsumerkameras gestaltet sich dies erheblich schwieriger, da professionelle Ausstattungsmerkmale (z.B. Genlock⁷) oder adäquate Drittherstellerlösungen noch fehlen.⁸ Die beiden Kameras werden auf ein Rig⁹ montiert, gewöhnlich nebeneinander (Parallelrig, Abb. 2) oder über- bzw. untereinander um 90° versetzt in Kombination mit einem halbdurchlässigen Spiegel (Spiegelrig, Abb. 3).¹⁰

⁷ Genlock: generator locking device

⁸ Mendiburu 2009, 208

⁹ Rig: Montagevorrichtung

¹⁰ Film & TV Kameramann 1/2011, 70

Abbildung 2: Parallelrig¹¹



Abbildung 3: Spiegelrig¹²



¹¹ ZGC: „Stereotec 3D Side-by-Side Rig MAXI PRO“, URL: [http://www.zgc.com/webstore.nsf/0/A7F478ECEDDD45F1852576EF006D6DBC/\\$File/stereotec_sbs-maxi_canon_400.jpg?OpenElement](http://www.zgc.com/webstore.nsf/0/A7F478ECEDDD45F1852576EF006D6DBC/$File/stereotec_sbs-maxi_canon_400.jpg?OpenElement), Abruf: 13.7.2011

¹² Pille Filmgeräteverleih GmbH: „Stereo Rigs and accessories: Stereo Tango Rig“, 14.9.2010, URL: http://www.pillefilm-3d.de/wp-content/uploads/2010/09/Tango_web.jpg, Abruf: 13.7.2011

Beide Varianten haben Vor- und Nachteile - auf die an späterer Stelle (Kapitel 3.2.1.) eingegangen wird - so dass es sinnvoll ist, je nach Situation bzw. Projekt eine Wahl zu treffen. Ebenso gibt es zwei Verfahrensweisen, die Konvergenz herzustellen. Entweder die Kameras werden bereits während des Drehs konvergiert - das entsprechende Objekt würde auf der Leinwandebene erscheinen - oder die Kameras werden parallel ausgerichtet, was eine HIT¹³ in der Nachbearbeitung erforderlich macht. Die HIT ist auch bei der Konvergenzmethode eine Option zur nachträglichen Korrektur.¹⁴ Ob konvergiert oder parallel, ist meist eine Grundsatzentscheidung, da sie den weiteren Workflow stark beeinflusst. Die während des Drehs relevante Parallaxe der Kameras ist nicht zu verwechseln mit der im späteren Prozess wichtigen Onscreen-Parallaxe.

Während der Drehphase wird der 3D-Eindruck ständig mittels neuer Monitoringsysteme überwacht – Polfiltersysteme für den optischen Check und Anaglyphsysteme¹⁵ zum pixelgenauen Überprüfen der Parallaxenwerte. Bestenfalls werden die Muster zusätzlich in einem Kino auf der angedachten Leinwandgröße begutachtet, weil nur dort der Eindruck dem des Zuschauers später entspricht.¹⁶

Nachdem das Material gedreht wurde, muss es eine Aufbereitung durchlaufen, bei der die Stereohalbbilder in geometrischer und farblicher Hinsicht aneinander angeglichen werden. Hierfür implementieren immer mehr Softwarehersteller entsprechende Stereo3D-Erweiterungen in die aktuellen Programmversionen. Im Schnitt kann so schmerzfrei jederzeit das S3D überprüft werden.

Bei der Vorführung des fertigen Films im Kino, liegen beide Bilder entweder unterschiedlich codiert übereinander auf der Leinwand oder werden in hoher Frequenz abwechselnd projiziert. Nun muss dem linken Auge das linke Bild und dem rechten Auge das rechte Bild zugewiesen werden. In den meisten S3D-Ki-

¹³ HIT (Horizontal Image Transition): horizontale Bildverschiebung

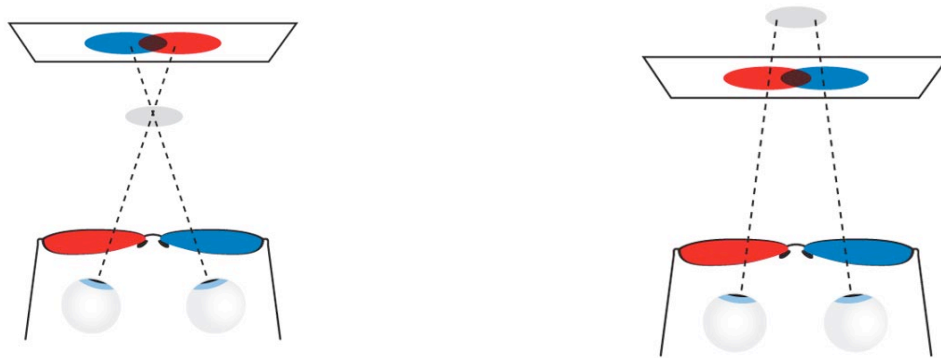
¹⁴ Film & TV Kameramann 1/2011, 68

¹⁵ Farbanaglyphes Stereogramm: Trennung der Stereohalbbilder durch z.B. Rot-Grün-Filter

¹⁶ Mendiburu 2009, 207

nos wird das Polarisierungsverfahren angewandt.¹⁷ Linke und rechte Stereohalb Bilder werden durch einen Filter vor dem Projektor unterschiedlich polarisiert. Eine speziell silberbeschichtete Leinwand reflektiert die Lichtwellen einschließlich ihrer Polarisation. Die Gläser in den dazugehörigen Polfilterbrillen wiederum lassen nur die entsprechenden Information zum jeweiligen Auge. Der Tiefeneindruck wird maßgeblich durch die Onscreen-Parallaxe jeweiliger Bildbestandteile bestimmt. Dabei bezeichnet die Nullparallaxe den Ausgangspunkt auf der Leinwandebene. Davon abgehend ändert sich die Onscreen-Parallaxe ins negative (Negativparallaxe, Abb. 4), wenn das Objekt vor der Leinwand situiert ist. Von einer Positivparallaxe (Abb. 5) spricht man bei hinter der Leinwandebene erscheinenden Objekten.

Abbildung 4, 5: Negativparallaxe (l.)¹⁸ / Positivparallaxe (r.)¹⁹



¹⁷ Wilhelm Zsolt: „Formatschlacht um 3D-Filme ist entfacht“, 29.12.2009, URL: <http://derstandard.at/1259282805595/Format-War-Formatschlacht-um-3D-Filme-ist-entfacht>, Abruf: 13.7.2011

¹⁸ „Olsson“ (Forum-Pseudonym): „Negativparallaxe“, In: „Spezial - Hintergründe zur 3D-Technik“, 24.3.2011, URL: http://www.digitalfernsehen.de/fileadmin/ds/Bilder-Datenbank/Produkte_und_Technik/Video/3D/Allgemein/3D_Hintergrundinfos/3d-effekte2.jpg, Abruf: 13.7.2011

¹⁹ „Olsson“ (Forum-Pseudonym): „Positivparallaxe“, In: „Spezial - Hintergründe zur 3D-Technik“, 24.3.2011, URL: http://www.digitalfernsehen.de/fileadmin/ds/Bilder-Datenbank/Produkte_und_Technik/Video/3D/Allgemein/3D_Hintergrundinfos/3d-effekte.jpg, Abruf: 13.7.2011

Die Fokusebene des betrachtenden Auges bleibt dabei immer auf der Leinwandebene.²⁰ Die Erstellung der räumlichen Illusion selbst ist Sache des Gehirns und baut auf der natürlichen Seherfahrung des Menschen auf.

1.3. Wirkung auf den Menschen

Da es sich bei der Stereoskopie nur um eine Illusion räumlicher Darstellung handelt, können unter gewissen Voraussetzungen auch Eindrücke entstehen, die – beabsichtigt oder nicht – die Wahrnehmung der „Wirklichkeit“ verzerren. Miniaturisierung und Gigantismus benennen solche Verzerrungen. Wird beispielsweise ein Jumbojet so abgebildet, dass er in den Raum hineinragt, schlussfolgert unser Gehirn, es müsse sich um ein Modell handeln, da es sonst unmöglich in den Kinosaal passen könne (Miniaturisierung).²¹ Bildet man dagegen eine Ameise in Großaufnahme hinter der Leinwandebene ab, erscheint uns statt eines kleinen Insekts ein riesiges Ameisenmonster, welches die Menschheit bedrohen könnte (Gigantismus).²²

Diese Eindrücke sind auf die Sehgewohnheiten unseres Gehirns zurückzuführen. Ameisen sind normalerweise winzig und eine nahe Betrachtung erfordert eine hohe Konvergenz der Augen. Wenn wir das gleiche Bild nun mit annähernd paralleler Parallaxe betrachten können, wäre es unlogisch anzunehmen, das Objekt sei immer noch klein. Das logische Denken unseres Gehirns gibt uns vor, dass die Ameise gewachsen sein muss. Im Bezug auf das Erzählen einer Geschichte im Spielfilm können extreme Abweichungen zwischen Erfahrung und Wahrnehmung zur Unterbrechung der räumlichen Illusion und / oder der Involviertheit in die Geschichte führen, weil wir zu sehr mit der Verarbeitung des Bildes beschäftigt sind. Daraus ergibt sich ein wichtiger Punkt in der stereoskopischen Umsetzung von Spielfilmen: je stärker der räumliche Effekt genutzt wird, desto mehr Zeit braucht der Zuschauer zur Verarbeitung desselben. Wer-

²⁰ Christian Trozinski: „Spezial – Hintergründe zur 3D-Technik“, 24.2.2011, URL: <http://www.dreambox-images.com/dream/index.php/index.php?page=Thread&threadID=40615>, Abruf: 14.7.2011

²¹ Mendiburu 2009, 83

²² Mendiburu 2009, 100

den Schnitt und Erzähldichte dem nicht angepasst, kann es passieren, dass man optisch und inhaltlich „den Faden verliert“.

Wird im Gegensatz dazu die Wirklichkeit originalgetreu abgebildet, spricht man von der Tautostereoskopie (tauto = in Form identisch). Diese Form der räumlichen Darstellung entspricht dem natürlichen Sehen in Form und Größe des Abgebildeten und setzt einheitliche Aufnahme- und auch Wiedergabebedingungen voraus.²³

²³ Gerhard P. Herbig: „Tiefenwahrnehmung bei der Stereoprojektion“, 27.6.2005, URL: <http://www.herbig-3d.de/german/tiefenwahrnehmung.htm>, Abruf: 11.8.2011

2. Anfänge des stereoskopischen Films

2.1. Geschichte

Nachdem bereits in den 1830er Jahren die ersten wissenschaftlichen Anstrengungen zum Thema Raumbild unternommen wurden²⁴, war es nur selbstverständlich, dass mit der zeitgleichen Erfindung der Fotografie²⁵ auch stereofotografische Versuche einhergingen. Die spätere Ausweitung dieser Versuche auf das Bewegtbild war daher eine logische Konsequenz und nur eine Frage der Zeit sowie des technischen Fortschritts. Vor allem letzterer beeinflusste die Entwicklung des stereoskopischen Films maßgeblich.

Der erste stereoskopische Langspielfilm, der es 1922 – noch vor dem Durchbruch des Ton- und Farbfilms – zu einer öffentlichen Vorführung brachte, hieß „The Power of Love!“. Die Projektion erfolgte im Anaglyphverfahren. Während der Weltwirtschaftskrise 1929 verstummte jedoch alle anfängliche Begeisterung vorerst.

1952 dann wurde der erste kommerzielle S3D-Film „Bwana Devil“ trotz schlechter Kritiken ein Publikumserfolg und läutete die kurze, aber „Goldene Ära der Stereoskopie“ ein - nicht zuletzt aufgrund der verwendeten Polarisierungstechnik, welche eine volle Farbwiedergabe gewährleistete. Trotz der Beliebtheit einzelner Filme blieb der langfristige Erfolg erneut aus. Schon nach drei Jahren und mehr als 60 S3D-Langspielfilmen versank die dritte Dimension des Bewegtbildes wieder im Nischendasein.²⁶

Während einzelne 3D-Effekt-geladene Filme für ein sporadisches Aufkeimen sorgten, fand sich die Stereoskopie Mitte der 1980er Jahre in einem neuen Auswertungsfeld wieder. Diverse Erlebnisparks, darunter Disneyland und die Universal Studios Hollywood gaben kostspielige Produktionen wie „Captain EO“

²⁴ Film & TV Kameramann 1/2011, 52

²⁵ Wikipedia: „Fotografie“, 20.6.2011, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Fotografie>, Abruf: 17.7.2011

²⁶ Film & TV Kameramann 1/2011, 54

(Regie: Coppola/Lucas)²⁷ oder „T2 [Terminator 2, Anm. d. Verf.] 3-D: Battle Across Time“ (Regie: Cameron)²⁸ in Auftrag und trieben damit auch die technische Weiterentwicklung des Stereo3D-Erlebnisses über bestehende Grenzen hinaus voran. Unterstützt von mechanischen oder Geruchsreizen werden sie zum Teil 4D-Film genannt.

2.2. Verfahrensweisen und Probleme

Frühe Filme wie „The Power of Love!“ (1922) wurden mit zwei separaten 35mm-Film-Kameras gedreht. In der Nachbearbeitung färbte man das Material rot bzw. grün und projizierte es als Dual-Strip (zwei Filmstreifen) mit zwei Projektoren. Alternativ hätte man einen roten bzw. grünen Farbfilter vor den jeweiligen Projektor setzen können. In jedem Fall musste der Kinzuschauer eine Rot-Grün-Brille aufsetzen. Obwohl es damals bereits das „Polaroid“-Verfahren²⁹ gab, setzte man auf diese kostengünstigere Variante, da Farbwiedergabequalität beim Schwarz-Weiß-Film noch keine Rolle spielte. Die Kanaltrennung mittels Polarisationsverfahren gewann erst mit dem Einzug des Farbfilms Anfang der 1950er Jahre an Bedeutung. 1952 wurde das Verfahren mit „Bwana Devil“ zum S3D-Kinostandard.³⁰ Die damalige Ausführung mit zwei Projektoren und je unterschiedlichen Polfiltern ist heute jedoch nur noch selten anzutreffen.

Seit den Anfängen der stereoskopischen Filmproduktion, aber vor allem während ihrer „Goldenen Ära“ konkurrierten mehrere Aufnahme- und Wiedergabesysteme miteinander. Die Aufnahmesysteme unterschieden sich rein in ihrem Aufbau, versuchten aber letztlich alle, zwei Kameras in einem Gehäuse zu vereinen sowie stereografische Bedienelemente möglichst praktikabel zu integrieren. Sie wurden meist von den Produzenten, Kameralenten oder Stereografen selbst entwickelt, weil die Industrie keinen Markt in dieser Technik sah. Alle hat-

²⁷ Wikipedia: „Captain EO“, 20.5.2011, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Captain_EO, Abruf: 18.7.2011

²⁸ Wikipedia: „T2 3-D: Battle Across Time“, 26.7.2011, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/T2_3-D:_Battle_Across_Time, Abruf: 18.7.2011

²⁹ „Polaroid“-Verfahren: ein Polarisationsverfahren entwickelt durch Polaroid Corporation

³⁰ Wikipedia: „3-D film“, 16.7.2011, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/3-D_film#Polarization_systems, Abruf: 18.7.2011

ten jedoch das gleiche Problem: die Größe und das Gewicht machten die Dreharbeiten zu einer Herausforderung für das Kameradepartment.³¹ Eine Folge davon waren lange Umbauzeiten, was die Produktionen insgesamt verlangsamte und verteuerte. Problematisch war überhaupt das fehlende Angebot an professionellen Rigs. Die meisten vorhandenen Rigs wurden von Stereo3D-Pionieren selbst entwickelt und hatten im Vergleich zu heute wenig Automatisierung, wie z.B. die gleichzeitige Steuerung beider Kameras.

Ähnlich verhält es sich mit den Wiedergabesystemen:

„*Natural Vision*“ (M. L. Gunzberg):³²

- Dual-Strip mit gekoppelten Projektoren
- Polarisationsverfahren

„*Stereovision*“ (Chris Condon):³³

- Single-Strip / Side-by-Side
- später Single-Strip / Alternating Frame
- Polarisationsverfahren

„*Space-Vision*“ (Robert V. Berniere):³⁴

- Single-Strip / Over-under
- Polarisationsverfahren

³¹ Zone 2005, 47

³² Wikipedia: „3-D film“, 16.7.2011, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/3-D_film#Polarization_systems, Abruf: 18.7.2011

³³ Zone 2005, 7

³⁴ Gary Palmer: „3-D Film List“, 2011, URL: <http://www.the3drevolution.com/3dlist.html>, Abruf: 18.7.2011

3. Stereoskopische Filmproduktion

3.1. Präproduktion

3.1.1. 3D - ja oder nein?

Diese Frage sollten sich alle Entscheidungsträger – vom Produzenten über den Regisseur und den Kameramann bis hin zum Drehbuchautor – stellen. Obwohl es eine Grundsatzfrage ist und massiv den Produktionsworkflow beeinflusst, gehen die Meinungen der Filmemacher dahingehend auseinander, wie wichtig das stereoskopische Element wirklich für die Erzählung der Geschichte ist. Bernard Mendiburu erläutert in seinem Buch „3D Movie Making“ diesen Disput, indem er der Frage „Warum und wie sollte ich diesen Film in 3D machen?“ zwei Sichtweisen entgegenstellt.

Die erste versteht 3D als ein weiteres „Gewürz“ unter den bisherigen, „nicht die Hauptzutat“. Wenn also ein Drehbuch nicht für einen 2D-Film taugt, wird es auch durch 3D kein Erfolg. Till Hastreiter (Regisseur, „Das verbotene Mädchen“) unterstreicht diese Herangehensweise in einem Interview, in dem es heißt „3D sei nur ein zusätzliches neues Gestaltungsmittel, das der Filmemacher einordnen müsse“.³⁵

Die zweite extremere Ansicht meint im größeren Maßstab, 3D sei ein eigenes Medium mit einem eigenen Zweck. Demnach müsse man das Drehbuch in 2D- oder 3D-Tauglichkeit einordnen. „Wenn wir 3D-Film als eigenständige, neue Kunstgattung betrachten, liegt darin sicher ein Zukunftszweig des Kinos“ meint auch Ben Stassen (Mitbegründer von nWave Pictures) und prophezeit den mittel- und langfristigen Erfolg nur im Einklang mit Maßstäben des IMAX-Formats.³⁶

Mendiburus Meinung nach wird es eine Entwicklung dazwischen geben, welche durch den Zuschauer gesteuert wird. Sensationelle Raumeffekte werden sich

³⁵ Film & TV Kameramann 5/2011, 99

³⁶ Film & TV Kameramann 5/2011, 96

zu eher unbewussten Unterstützern des Räumgefühls zurückbilden und somit von der dominanten „Hauptzutat“ zum dezenten „Gewürz“.³⁷

Wenn man sich diese Prognose bei der Frage „3D - ja oder nein?“ vor Augen hält, liegt es nahe, das Zielpublikum in Bezug auf seine aktuellen 3D-Sehgewohnheiten zu beobachten. Analyst Richard Greenfield (BTIG Research) schlussfolgerte aus dem relativ umsatzschwachen Kinojahr 2010: "Die Filmindustrie sollte die Zahl der geplanten 3-D-Filme drastisch reduzieren oder zumindest den Aufpreis deutlich senken, denn sie verlangt einfach viel zu viel für schwache Inhalte".³⁸ In den ersten Jahren des derzeitigen 3D-Booms, der bisher seinen Höhepunkt durch Camerons „Avatar“ fand³⁹, kann es also sein, dass Kinobesucher meist effektgeladene 3D-Filme erwarten, weil sie z.B. von Filmatraktionen aus Freizeitparks ein gewisses Spektakel gewohnt sind. Dies würde bedeuten, zur Zeit wären nur Animations- („Toy Story 3“), Fantasy- („Alice im Wunderland“), SciFi- („Tron Legacy“) oder Actionfilme („Jackass 3D“) dazu prädestiniert, das Werkzeug 3D einzusetzen, da hier die hohe Erwartungshaltung der Zuschauer eher erfüllt werden kann. Die genannten Filme sind alle unter den 30 erfolgreichsten des US-Kinojahres 2010.⁴⁰ In dieser Top30 befinden sich insgesamt 10 S3D-Filme. Keiner jedoch bedient ein anderes Genre, als das der vier oben genannten.

Glaubt man Mendiburu, besteht mit zunehmender 3D-Gewöhnung aber die Chance, dass auch weniger optisch spektakuläre Inhalte irgendwann eine Akzeptanz erfahren, die die Umsetzung eines solchen Films in 3D künstlerisch

³⁷ Mendiburu 2009, 93

³⁸ Matthew Garrahan: „3D-Filme können US-Kino nicht retten“. In: Financial Times Deutschland, 5.1.2011, URL: <http://www.ftd.de/it-medien/medien-internet/:kino-3-d-filme-koennen-us-kino-nicht-retten/50211430.html>, Abruf: 20.7.2011

³⁹ Ralf Sander: „Hollywood will nicht mehr flach sein“. In: Stern, 16.12.2009, URL: <http://www.stern.de/digital/homeentertainment/avatar-das-comeback-der-3d-technik-hollywood-will-nicht-mehr-flach-sein-1529910.html>, Abruf: 20.7.2011

⁴⁰ Box Office Mojo: „Kino-Jahrescharts 2010“, 20.7.2011, URL: <http://boxofficemojo.com/yearly/chart/?yr=2010&view=releasedate&view2=domestic&sort=gross&order=DESC&p=.htm>, Abruf: 20.7.2011

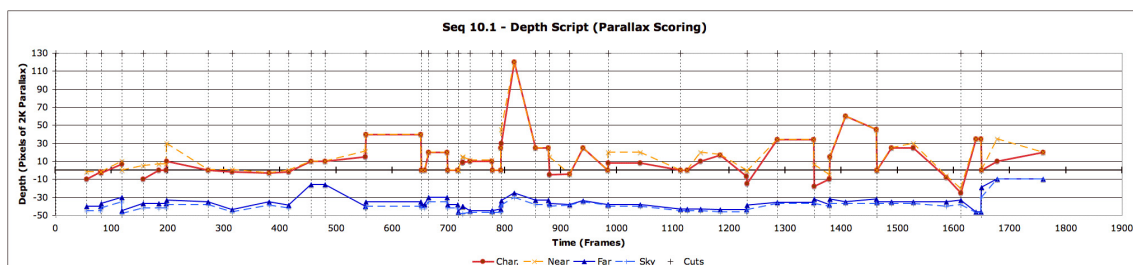
rechtfertigt. Hier existiert eine Wechselwirkung zwischen dem Entwicklungsdrang des Filmemachers und der Sehgewohnheit des Zuschauers.

Die Entscheidungsträger sollten einerseits abwägen, ob der Inhalt eine 3D-Umsetzung rechtfertigt und ob die Zuschauer schon bereit sind, für diese Geschichte in die teurere 3D-Vorstellung zu gehen und so die erheblichen Mehrkosten zu refinanzieren.

3.1.2. Tiefenskript

Neben dem Drehbuch/Skript taucht ein weiteres wichtiges Dokument schon in der frühen Planungsphase eines Filmdrehs auf: das Tiefenskript. Anhand des Tiefenskriptes (Abb. 6) ist erkennbar, wie sich die Geschichte auf der räumlichen Ebene entwickelt. Das Skript kann hochaufgelöst bis in die Einstellungen gehen und die jeweiligen Entfernungen bzw. Tiefen aufzeigen, sowie auch das Tiefenbudget insgesamt ersichtlich machen.⁴¹

Abbildung 6: Beispiel eines Tiefenskriptes⁴²



⁴¹ Mendiburu 2009, 88

⁴² Brian Gardner: „Perception and The Art of 3D Storytelling“, 2009, URL: http://library.creativecow.net/articles/gardner_brian/magazine_3d_storytelling/seq_10_1_depth_script_050109.jpg, Abruf: 21.7.2011

3.1.3. Weitere tiefenrelevante Entscheidungen

Diverse Faktoren beeinflussen die Raumwahrnehmung, entweder auf illusionärer oder auf natürlicher Ebene. Über diese Faktoren wird bereits vor der Drehphase gesprochen und im Sinne des Tiefenskriptes entschieden.

Kinematographie:

Die kreative Arbeit des Kameramanns ist vielen technischen Schranken unterlegen – beginnend bei der Auswahl der Brennweiten, bis hin zur szenischen Auflösung und damit verbundenen Kamerabewegungen.

Ab gewissen längeren Brennweiten tritt der mehr oder weniger starke Cardboarding-Effekt auf. Die bekannte verdichtende Wirkung von langen Brennweiten ist in der suggerierten Räumlichkeit noch stärker spürbar und der Zuschauer bekommt das Gefühl, als seien die Objekte zwar räumlich voneinander getrennt, besäßen aber in sich keine Rundheit – vergleichbar mit gestaffelten Pappaufstellern. Der Grad der Rundheit lässt sich mit dem „roundness factor“ beschreiben. Zwar kann dieser auch mittels größere Stereobasis erhöht werden, was dann jedoch wieder zu Miniaturisierung führen kann.⁴³

Was bei monoskopischem Bewegtbild interessant wirkt und Tiefe ins Bild bringt, wird bei stereoskopischen Bildfolgen zu einem störenden Element. Objekte, die mittels Vorbeifahrt den Bildvordergrund kreuzen, sind naturgemäß meist abgeschnitten, übertreten also die Bildränder. Die Illusion wird gestört, da die Objekte scheinbar das Blickfenster in Richtung Zuschauer übertreten, obwohl gleichzeitig durch selbiges der Blick auf ihr Ganzes verborgen bleibt. Andernfalls bleibt, wenn die Objekte auf die Leinwandebene nach hinten verschoben werden, zu wenig Komfortraum für die Handlung dahinter bzw. muss der Hintergrund stark eingeschränkt bleiben. Daher werden solche Achskreuzungen eher vermieden oder auf schnelle Objekte (z.B. vorbeifahrende Autos) beschränkt.

Bildgröße:

Die Disparität der Stereohalbbilder und damit der wahrgenommene Tiefeneffekt ist direkt abhängig von der dargestellten Bildgröße. Daher ist diese bei der Be-

⁴³ Film & TV Kameramann 2/2011, 50

rechnung der maximalen nativen Pixelparallaxe (NPP) zu berücksichtigen (Abb. 7).⁴⁴ Die NPP, welche in Pixeln angegeben wird, darf bei der Projektion nicht größer als umgerechnet 65 mm sein, da sonst die Augen zur Divergenz gezwungen werden. Dies ist unbedingt zu vermeiden und erklärt die Abhängigkeit der berechnungen von der Leinwandgröße. Im Zweifel sollte die NPP also kleiner gehalten werden – zu Lasten der Effektstärke.

Abbildung 7: Formel zur Berechnung der NPP

$$NPP = \frac{NP}{W} \cdot H$$

NPP: Native Pixel Parallax
(beim pixelbasierten Bild)
NP: Native Parallax
(Augenabstand: Ø 65 mm⁴⁵)
W: Bildbreite
H: horizontale Bildauflösung (Pixel)

Gibt man einen für das Kino produzierten S3D-Film auf einem (S3D-fähigen) Fernsehbildschirm wieder, entspricht die Tiefenwirkung nicht mehr der vom Kameramann beabsichtigten. Auf Blu-ray-Disc vermarktete S3D-Filme stammen jedoch meist aus dem Kinosegment, so dass in diesem Zusammenhang eine zwangsläufige technische Veränderung des Films augenscheinlich wird. Aus diesem Grund muss zu Beginn der Produktion klar sein, welches das hauptsächliche Auswertungsmedium sein wird.⁴⁶

Ein weiterer zu beachtender technischer Aspekt ist die Tatsache, dass beim Parallelverfahren nicht die volle Auflösung des aufgenommenen Bildes genutzt werden kann. Unter Umständen wird von der Bildbreite die doppelte NPP (linkes + rechtes Stereohalbbild) abgezogen. Das restliche Bild wird dann wieder auf gewünschte Norm vergrößert, wobei Qualitätseinbußen in Kauf zu nehmen sind.

⁴⁴ Mendiburu 2009, 76

⁴⁵ Kögel 1934, 27

⁴⁶ Film & TV Kameramann 1/2011, 65

Drehort:

Da sich mit zunehmender Entfernung der Objekte innerhalb des Bildes auch die Parallaxen (positiv wie negativ) vergrößern, muss der Drehort im Vorfeld entsprechend der vorgesehenen Handlung untersucht werden. Die gezeigten Objekte müssen innerhalb der „Komfortzone“ liegen, um dem Zuschauer schmerzfreies Sehen zu ermöglichen. Sollen beispielsweise Personen nah abgebildet werden, kann eine Einstellung mit weit entferntem Hintergrund nur mit längeren Brennweiten bzw. aufwändigem Multirigging realisiert werden. Beim Multirigging werden Hintergrund und Vordergrund getrennt aufgenommen und somit die geometrischen Verhältnisse zwischen beiden zu Gunsten des Sehkomforts manipuliert.⁴⁷

Setdesign:

Auch hier kann der Umgang mit räumlichen Beziehungen zwischen Objekten nicht einfach vom 2D-Film übernommen werden. Verfälschungen, wie gerade in früheren Zeiten aus Kostengründen angewandt (z.B. die laufende Verkleinerung einer Straßenflucht, um diese tiefer wirken zu lassen), funktionieren in S3D nicht mehr. Ebenso werden Window Backlights (gedruckte oder aufgemalte, durchleuchtete Fensterhintersetzer) und Greenscreenhintergründe in Stereo 3D schnell als Fake entlarvt, so dass an dieser Stelle erneut auf Multirigging oder CGI-Arbeiten zurückgegriffen werden muss.⁴⁸

Aufgrund der in den meisten Kinos vorhandenen Projektionssysteme spielt vor allem der Bildkontrast eine große Rolle. Bei Objekten mit großer Parallaxe und gleichzeitig hohen Kontrastwerten entsteht die Gefahr von Ghosting-Effekten (siehe 3.2.2 - Licht).

Ein weiterer Unterschied besteht in der Wirkung von Farben im Vergleich von 2D zu 3D. Zusätzlich zur Warm-Kalt-Wirkung können sie sich entweder dem Zuschauer hin- (warm) oder abwenden (kalt).⁴⁹

⁴⁷ Mendiburu 2009, 99

⁴⁸ Movie College: „3-D Tipps“, 2009, URL:
<http://www.movie-college.de/filmschule/kamera/3dtipps.htm>, Abruf: 26.7.2011

⁴⁹ Mendiburu 2009, 100

Es ist daher sinnvoll, dass sich Setdesigner, Stereograf und Regisseur über die Relevanz von Objekten verständigen und diese erweiterten Zusammenhänge berücksichtigen.

3.2. Drehphase

Wie bereits beschrieben, beruht auch der aktuelle S3D-Boom auf denselben physikalischen und zerebralen Vorgängen wie zu Ursprungszeiten. Der technische Fortschritt, vor allem im Hinblick auf Technologie und Präzision, ermöglicht heutzutage allerdings ein anderes Arbeiten mit besseren Ergebnissen.

3.2.1. Equipment - alte Technik in neuer Form

Kamerarig:

Das Kamerarig, Hauptarbeitsgerät des Stereografen, war früher schwer und groß (Abb. 8).

Abbildung 8: Steve Hines und sein Disney-Dual-Camera-3D-Rig (1980, Gewicht: 36 kg + Kamera)⁵⁰



Moderne Kamerarigs werden aus leichteren Materialien gefertigt und lassen sich präziser abstimmen. Sie bieten teilweise die Möglichkeit, die Position der Kameras auf der X-Achse und deren Rotation auf der Y-Achse synchron zu steuern, sind aber funktionsbedingt immer noch vergleichsweise unhandlich. Dennoch sind bisher bei Spielfilmproduktionen oft Einzelanfertigungen im Einsatz, da nur wenige Hersteller die geforderte Qualität erreichen.⁵¹

Unterschieden wird in erster Linie zwischen dem Parallel- und dem Spiegelrig. Das Parallelrig bietet sich eher für schlanke Kamerabodys an, da die minimale Stereobasis von der Gehäusebreite abhängig ist. Bei weiten Bildern wie Landschaftstotalen ist es dem Spiegelrig aufgrund der wesentlich größeren maximalen Stereobasis vorzuziehen, insofern man trotz Miniaturisierung einen spürbaren Stereoeffekt herstellen möchte. Im Extremfall bilden auch zwei weit auseinanderstehende Stative ein großes Parallelrig. In beengten Sets, wie in einem Auto, ist es meist die einzige Möglichkeit um von innen zu filmen.

⁵⁰ Steve Hines: „Disney 3-D Camera Rig“, URL: http://hineslab.com/HinesLab_website_folder/Disney_3-D_Rig_files/DisneyRig1Steve.jpg, Abruf: 27.7.2011

⁵¹ Mendiburu 2009, 197

Das Spiegelrig ermöglicht konstruktionsbedingt eine sehr geringe Stereobasis, theoretisch bis hin zur kompletten Überlagerung der beiden Bilder. Nachteilig ist allerdings der Lichtverlust aufgrund des halbdurchlässigen Spiegels von mindestens einer Blende bei jeder Kamera.⁵² Dieser muss entweder durch Korrektur der Empfindlichkeit oder stärkere Lichteinheiten kompensiert werden. Des Weiteren muss der Spiegel regelmäßig gereinigt bzw. abgestaubt werden und ist stetig der Bruchgefahr ausgesetzt, was Umbauten und Modifikationen am Kamerarig zeitaufwendiger werden lässt. Weitere Nachteile sind die je nach Spiegelgröße eingeschränkte Bildgröße und eine hohe Gefahr von ungewollten Reflexionen. Diese müssen dann aufwändig in der Postproduktion herausgerechnet werden.⁵³

Eine noch junge Form von Equipment am Set verdankt ihre rasche Entwicklung der ebenso schnellen Verbreitung von Apples iPhone und Co. Durch zunehmende Auswahl an Apps (kommerzielle Kleinprogramme von Drittanbietern) für den professionellen Anwender lassen sich Arbeiten, wie Parallaxen- und Komfortzonenberechnungen, jederzeit durchführen. Das steigert die Flexibilität des Stereografen vor allem gegenüber kurzfristigen Änderungen.⁵⁴

Optik:

Die Qualität der gewählten Optiken spiegelt sich vor allem in deren Gleichheit innerhalb der Optikpaare wider. Optiken werden heute mit höherer Präzision gefertigt, so dass Diskrepanzen zumindest kleiner ausfallen. Das Finden von sich möglichst gleich verhaltenden Optiken bleibt jedoch als Problem bestehen. Die oft präferierten Zoom-Optiken haben unterschiedliche Zoom-Progressionskurven und weichen dabei in je eigenem Verlauf von der optischen Achse ab. Highend-S3D-Produktionen wenden sich teilweise direkt und mit konkreten An-

⁵² Imartis AG: „Digital 3D and the SwissRig – Demo at Birns and Sawyer“, 2011, URL: http://swissrig.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9%3Adigital-3d-and-the-swissrig-demo-at-birns-and-sawyer&catid=2&Itemid=2, Abruf: 27.7.2011

⁵³ Mendiburu 2009, 199

⁵⁴ 3D Vision Blog: „Mobile Stereo Base Calculators for Shooting 3D Photos and 3D Video“, 4.2.2011, URL: <http://3dvision-blog.com/tag/cine3d-stereographer/>, Abruf: 28.7.2011

fragen an Optikhersteller, da diese aus einem größeren Pool schöpfen können als Technikverleiher.⁵⁵

Kamera:

Digital-Kameras erlauben nahezu lautlose Aufnahmen und bieten ruhigen Bildstand, perfekte Synchronisation und äußerst geringe Bildfehleranfälligkeit. Zudem ermöglichen digitale Aufnahmeformate und die komplett digitalisierte Postproduktion erst die umfangreiche Aufbereitung des Materials durch Korrektur aller optischen Fehler.

Seit den ersten Digitalkameras wird die einst sehr schwache Empfindlichkeit und der geringe Blendenumfang der Kamerachips stetig verbessert. Spätestens mit der 2010 vorgestellten Alexa von ARRI sind sie mittlerweile zu ähnlicher Dynamik im Stande wie ein Farbnegativfilm. Zudem lässt sich das Auslesen des Chips bei der Alexa via Sync-Kabel nahezu pixelgenau synchronisieren.⁵⁶ Die Voraussetzungen sind also gegeben, um stereoskopische Filme zumindestameratechnisch perfekt umzusetzen.

Probleme treten meist in Form von Systemabsturz oder Überhitzung auf, welche die Hersteller jedoch zunehmend besser in den Griff bekommen.

Licht:

Die technische Entwicklung bei den Lampenherstellern hat sich im Vergleich zu den 50er Jahren vor allem in der Lichtleistung und -ausbeute deutlich gemacht. Beides sind entscheidende Faktoren für die Lichtgestaltung bei Stereoproduktionen. Zum Beispiel mindert das Spiegelrig-System aufgrund des halbdurchlässigen Spiegels die Belichtung um etwa eine Blende in jeder Kamera. Dieser muss ausgeglichen werden. Zudem ist bei 3D oft eine eher geschlossene Blende gewünscht, um mehr Schärfe in die Tiefe des 3D-Raums zu bekommen.⁵⁷ Der dadurch erhöhte Lichtbedarf stellt einen enormen Kostenfaktor dar. Aus

⁵⁵ Mendiburu 2009, 106

⁵⁶ Wolf Friedel: „ARRI Alexa vs. RED One“, In: Berliner Film-Blog des BAF e.V., 2.12.2010, URL: <http://www.baf-berlin.de/blog/index.php?/archives/1366-ARRI-Alexa-vs.-RED-One.html>, Abruf: 28.7.2011

⁵⁷ Mendiburu 2009, 113

lichttechnischer Sicht hat sich das Kostenverhältnis zwischen 3D und 2D gegenüber früheren Zeiten also nicht unbedingt verbessert, durch kleinere effektivere Lampentechnik in Kombination mit immer empfindlicheren Kamerachips ist die Lichtgestaltung jedoch breiter in ihren Möglichkeiten geworden, gerade im Bezug auf komplizierte kleine Sets.

3.2.2. Workflow

Kamera:

In technischer Hinsicht liegt der wesentliche Unterschied zu einer herkömmlichen Filmproduktion bei der Komplexität des Kamerasetups. Nicht nur, dass sich der Kameraassistent nun um zwei Kameras kümmern muss – vielmehr muss er zusammen mit dem Stereografen, unter Berücksichtigung des jeweilig gewünschten Stereoeffektes, beide Kameras aufeinander abstimmen. Sobald der Kameramann Optik und Position festgelegt hat, wird das 3D-Kamerasetup eingerichtet. Jede noch so kleine Korrektur durch Regie, Kamera oder Licht kann wiederum eine Korrektur dieser Abstimmung nach sich ziehen. Dadurch entsteht ein nicht unerheblicher Zeitmehraufwand. Dies verdeutlicht die Relevanz einer möglichst präzisen Vorplanung jeder einzelnen Einstellung. Die Einrichtung des 3D-Kamerasetups erfolgt unter ständiger Kontrolle des 3D-Bildes an einem entsprechenden Monitor bzw. bestenfalls in einem improvisierten Kinzelt.

Das veränderte Techniksetup führt nicht nur zu neuer Arbeit vor Drehbeginn, sondern unter Umständen (Konvergenzsetup) auch währenddessen. Während des Drehs muss eventuell die Konvergenz gezogen werden. Das bedeutet, dass jemand (meist Stereograf oder 2. Kameraassistent) live die Konvergenz der Kameras entsprechend der Aktion vor den Kameras anpassen muss. Der „Focus Puller“ arbeitet in diesem Fall also neben dem „Convergence Puller“. Bei Featurefilmen ist dies jedoch eher selten der Fall, da hauptsächlich mit parallel gestellten Kameras gedreht wird.⁵⁸

Filmen in S3D bedeutet auch für den Materialassistenten neue bzw. veränderte Aufgaben. Zunächst fällt das doppelte Material an. War es vorher nur nötig, ein

⁵⁸ Mendiburu 2009, 119

Speichermedium in einer bestimmten Zeit zu sichern, sind es jetzt zwei. Da aber die Datenübertragungswege nicht proportional dazu schneller geworden sind, muss hier eine Umgehungslösung gefunden werden. Etwa durch mehr Medien oder sogar zwei parallel laufende Sicherungssysteme. Außerdem ist es von immenser Bedeutung, das jeweilige linke und rechte Bildmaterial so zu archivieren, dass Verwechslungsgefahren bis zum Schnittraum (und darüber hinaus) ausgeschlossen werden.

Licht:

Ein bei S3D grundlegend Aspekt ist die im Gegensatz zu 2D meist gewollte Tiefenschärfe. Man geht oftmals davon aus, dass der Stereoraum eine Schärfenästhetik verlangt, die ungelenkte Blickfreiheit zulässt. Gerade in Kunstlichtsituation steigt also der Lichtaufwand deutlich, um beispielsweise von Blende 5.6 auf Blende 11 auszuleuchten. Auch die Lichtsetzung im künstlerischen Sinne unterliegt unkonventionellen Einschränkungen. So werden angeschnittene Objekte nicht zu kontraststark ausgeleuchtet, um die an dieser Stelle häufig auftretenden 3D-Probleme nicht noch hervorzuheben und so die Raumillusion zu stören. Generell sind starke Kontraste gerade bei den weitverbreiteten Polfilter-Projektionsverfahren nachteilig aufgrund der Gefahr des so genannten Ghosting-Effekts, bei dem an Kontrastkanten Doppelbilder entstehen können. Gerade in den vorderen und hinteren Bereichen des 3D-Raums, welche meist nicht Blickpunkt des Zuschauers sind – die Halbbilder also stärker divergieren – wird weiche weniger dynamische Ausleuchtung angewandt.⁵⁹

Allgemein:

Die während des Tages vorgenommen Monitorkontrollen erübrigen nicht die Notwendigkeit einer ordentlichen 3D-Mustervorführung in Finalbildgröße am Ende des Drehtages. Erst hierbei kann die Raumwirkung genau eingeschätzt werden. Das heißt aber auch: das Mustermaterial muss für die Preview in 3D vorbereitet werden.

⁵⁹ Mendiburu 2009, 113

Trotzdem ist es wichtig, dass die bild- und raumgestaltenden Gewerke auch die Möglichkeit haben, Auswirkungen von Eingriffen direkt am Set in 3D zu begutachten.⁶⁰

3.3. Postproduktion

Die wichtigste Voraussetzung für den erneuten Anlauf von stereoskopischem 3D-Film war die Digitalisierung innerhalb des Workflows, vor allem aber im Postproduktionsworkflow. Denn selbst analog gedrehtes Material kann heutzutage mithilfe von digitalen Korrekturwerkzeugen für ein nahezu perfektes S3D-Ergebnis optimiert werden. Der digitale nonlineare Workflow ist jedoch auch beim 2D-Kontent noch relativ jung. Die meisten Möglichkeiten und Neuerungen der letzten Jahrzehnte wuchsen mit steigender Performance der Rechnersysteme. Als die Medienbranche den Wechsel von SD auf HD vollzog, mussten auf einmal wieder hohe Renderzeiten in den Produktionsprozess einkalkuliert werden, die bei SD seit Jahren der Vergangenheit angehörten. Ähnlich verhält es sich nun mit S3D-Kontent. Gerade auf den Materialverarbeitungswegen, wie Umcodierung und Rendering ist pauschal bereits doppelter Aufwand zu veranschlagen. Hinzu kommen stereospezifische Arbeitsabläufe, die es vorher so nicht gab.

3.3.1. Materialvorbereitung

Der erste neue Arbeitsschritt passiert in der Materialvorbereitung für den Schnitt, welche schon parallel zur Drehphase laufen kann. Hier wird zunächst die Konvergenz hergestellt (bei parallelen Kameras) oder korrigiert (bei konvergierten Kameras).

HIT:

Beim „Horizontal Image Translation“ (HIT) werden die Bilder übereinander gelegt und pixelgenau zur gewünschten Konvergenz gebracht. In diesem Prozess

⁶⁰ Mendiburu 2009, 76

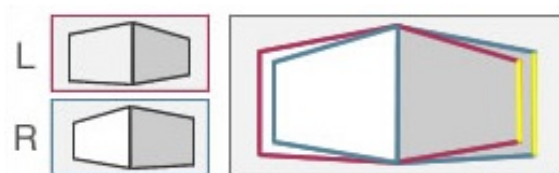
wird grob vordefiniert, welche Objekte auf der Ebene der Leinwand liegen. Dadurch können auch Überschreitungen des Komfortbereichs korrigiert werden.⁶¹

Es folgt das sogenannte Stereo-Sweetening, in dem Disparitäten zwischen den beiden Halbbildern ausgeglichen werden müssen, da jede Abweichung später zum Bruch der Illusion führen kann. Dies können Abweichungen in der Geometrie und Belichtung sein oder optische Ungleichheiten, wie Lens Flares.⁶²

Keystone-Effekt:

Dieser Effekt bezeichnet die geometrische Abweichung, die im Stereobild sichtbar wird (Abb. 9), wenn mit konvergierten Kameras gefilmt wurde (Drehung auf der Y-Achse).

Abbildung 9: Keystone-Effekt⁶³



Rotation:

Die Halbbilder sind zueinander auf der Z-Achse verdreht.

Tilt:

Durch Disparität auf der X-Achse sind perspektivische Verzerrungen entstanden, vergleichbar mit dem Keystone-Effekt.

⁶¹ Film & TV Kameramann 1/2011, 68

⁶² Film & TV Kameramann 2/2011, 61 Zitat: Florian Maier

⁶³ Nick Hemenway: „Depth Positioning“, URL: <http://stereovantage.com/wp-content/uploads/2010/11/E3.jpg>, Abruf: 24.8.2011

Y-Shift:

Eine Parallelverschiebung auf vertikaler Ebene, ähnlich der Änderung der Stereobasis in der Horizontalen, welche starke Störungen beim Betrachter hervorruft.

Asynchronität:

Dieser Fehler tritt bei professionellem Equipment seltener auf und lässt sich schwer vollständig korrigieren. Die Ursache sind nicht genau synchrongeschaltete Aufnahmestarts bzw. Chipauslesephasen. ⁶⁴Retiming-Prozesse können die Auswirkungen abschwächen.⁶⁵

Zoom:

Schon minimale Abweichungen der Brennweiten müssen durch digitale Skalierung kompensiert werden.⁶⁶

Wurden während des Drehs Zoomfahrten mit unangeglichenen Zoomoptiken durchgeführt oder die Blenden (nicht gleichmäßig) gezogen, kann sogar ein Abgleichen der Halbbilder mittels Tracking Points und automatischer Analyse bzw. per manueller Keyframeanimation notwendig sein.⁶⁷

Um die Beurteilung des Materials im Schnitt zu erleichtern, ist es zudem sinnvoll eine grobe Farbkorrektur anzulegen. Die Bilder werden dabei in Helligkeit, Kontrast und Farbe weitestgehend angeglichen.

Je mehr Fehler beim Dreh zugelassen wurden, desto höher fällt der Posten Stereo-Sweetening später auch in der Bilanz aus.

⁶⁴ Film & TV Kameramann 1/2011, 67

⁶⁵ Mendiburu 2009, 133

⁶⁶ John Hart: „John's 3D Guide“, 11/2004, URL:
http://www.crystallcanyons.net/pages/3dguidebook/Registration_StereoWindow.htm, Abruf:
24.8.2011

⁶⁷ Mendiburu 2009, 133

Generell ist es nicht unwichtig zu erwähnen, dass die Zuordnung der zusammengehörenden Stereohalbhaber zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden muss, da es im professionellen Produktionsfeld getrennte Videodateien für das linke und rechte Bild gibt. Dies gelingt mithilfe einer gepflegten Ordnerstruktur und dank dem nonlinearen System recht einfach. Zurzeit gibt es noch keinen Aufzeichnungscodec bei dem die beiden Videostreams verlustfrei in einer Datei gespeichert werden. Die Daten werden in jedem Postproduktionsschritt getrennt verwaltet. Erst in der Bearbeitungssoftware im Schnitt oder Grading werden die zwei Halbbilder als ein Stereopaar verarbeitet.

3.3.2. Schnitt, VFX/CGI, Grading und Auspielung

Schnitt:

Im Schnittraum tut sich eine weitere Grundsatzfrage auf: Kann man 3D ohne weiteres wie 2D schneiden? Phil „Captain 3D“ McNally (Stereoscopic Supervisor, „Kung Fu Panda“ 2008) machte bei einem Test-Re-Edit zum genannten Film folgende Erkenntnis: ein Drittel der Schnitte konnte beibehalten werden, ein weiteres Drittel wurde zeitlich etwas verlängert und der Rest musste verworfen oder durch andere Schnittlösungen ersetzt werden.⁶⁸ Dies verdeutlicht einerseits, wie wichtig der 3D-Aspekt schon in der Entstehungsphase eines Filmprojekts ist und andererseits, dass S3D-Filme zum Teil einer anderen Schnittphilosophie unterliegen. Unter diesem Gesichtspunkt ist die Qualität von 3D-Konversionen, vor allem von Echtzeitumrechnungen in modernen TV-Geräten, mehr als fragwürdig – wenn nicht aus technischer, dann zumindest aus künstlerischer Perspektive.

Die Geschwindigkeit des Schnitts muss den Anforderungen von S3D angepasst sein. Da die Bilder wesentlich informationsreicher für das Gehirn sind und intensiver wirken, braucht man länger um den Bildinhalt zu erfassen.

Außerdem muss beim Schneiden von S3D-Material besonders auf die Unterschiede im Stereoeffekt von Schnitt zu Schnitt geachtet werden. Soll von einer Einstellung mit starker positiver Parallaxe (Objekt hinter der Leinwandebene) zu einer Einstellung mit Negativparallaxe (Objekt vor der Leinwandebene) umge-

⁶⁸ Mendiburu 2009, 153

schnitten werden, dann muss dies im sogenannten Depth-Grading („Tiefen Anpassung“) berücksichtigt werden.⁶⁹

Im Allgemeinen gilt auch beim S3D-Schnitt, dass das Stereobild stets kontrolliert werden – und dies ab dem Feinschnitt, wenn möglich bei Betrachtung in voller Bildschirmgröße.

VFX/CGI:

Der Umgang mit Bildretuschierung, Greenscreenersatz und 3D-Animation ist wesentlich schwieriger als bei 2D-Produktionen. Nicht übereinstimmende Tiefeninformationen zwischen Originalmaterial und zusätzlichen Bildelementen fallen selbst dem Laien ins Auge, da auch hier die Illusion schnell einbricht. Jegliche Fremdobjekte im Bild müssen aus unterschiedlichen Perspektiven (jeweils passend zum Originalbild) erstellt werden. Elemente zur Maskierung von Drahtseilen beispielsweise müssen nun aufwändig einzeln an die entsprechende Raumposition angepasst werden. Auch Greenscreenflächen müssen durch Stereobildern ersetzt werden.

3D-Animationen haben es hierbei leichter sich zu integrieren, da eine weitere Perspektive allein durch Hinzufügen einer zweiten virtuellen Kamera erschaffen werden kann. Ähnlich wie beim realen Dreh werden ihre Parameter dann auf das Realmaterial angepasst.

Depth-Grading:

In diesem Schritt werden mittels Keyframe- Animation der HIT Übergänge gesetzt, die die Konvergenz des Auges beim betrachten von einer Tiefenebene zur anderen führen. Es tritt kein abrupter Sprung und somit kein Abreißen der Illusion auf.

Im Depth-Grading wird auch das Floating Stereoscopic Window angelegt. Mit seiner Hilfe ist es möglich Verletzungen des Scheinfensters, beispielsweise durch angeschnittene Objekte vor der Leinwandebene, zu korrigieren, in dem man dem jeweiligen Rand der Stereohalbbilder eine Maske mit Negativparallaxe hinzufügt, so dass das Scheinfenster wieder vor dem Objekt liegt. Die dabei

⁶⁹ Zone 2005, 92, Zitat: Howard Hall

auftretende scheinbare Beugung der Leinwand wird in den meisten Fällen als kleineres Übel hingenommen.⁷⁰

Colorgrading:

Im Colorgrading muss wiederum Rücksicht auf die Kontraste bezüglich der Gefahr von Ghosting-Effekten genommen werden. Zudem bietet sich die Möglichkeit bis diesem Zeitpunkt nicht reparablen Stereofehlern durch Farbkorrekturen zumindest die Aufmerksamkeit zu entziehen und den Blick auf das eigentliche zu lenken.

Das Hauptproblem beim Colorgrading sind jedoch die unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen Projektionsverfahren an Farbraumverschiebung (Colorshift), Helligkeit und Kontrast.⁷¹

Ausspielung:

Das prägnanteste Problem beim Export von S3D-Material ist das Fehlen eines geeigneten, vollwertigen und verlustfreien Stereo3D-Codes, in dem beide Halbbild-Streams gespeichert werden.

3.4. Auswertung

Die aktuellen Auswertungsmöglichkeiten für Medienerzeugnisse sind so vielfältig wie nie. Neben Kinos und Freizeitparks, welche bis heute maßgeblich den Umsatz von S3D-Filmen bestimmten, haben sich bereits bekannte oder auch relativ neue Märkte erschlossen. Das Fernsehen hat mit den ersten Angeboten von Geräteherstellern und Sendern bereits das stereoskopische TV-Zeitalter eingeläutet – auch wenn die Skepsis der Konsumenten noch überwiegt. Doch bislang brauchte noch jede technologische Entwicklungsstufe ihre Zeit bis zur großflächigen Akzeptanz. Bis dahin profitieren hauptsächlich die Filmtheater vom Reiz des Neuen. Die Aussage „3D steht für Dollar, Dollar, Dollar“⁷² kann

⁷⁰ Mendiburu 2009, 182

⁷¹ Mendiburu 2009, 171

⁷² Mendiburu 2009, 4, Zitat: Variety

unter Umständen ganz treffend sein, wie Platz 1 der Mojo-Box-Office-Charts „Avatar“ (bisher weltweit 2,78 Mrd. \$ eingespielt) beweist.⁷³

Marktübergreifend taucht ein weiteres neues Problem auf. Untertitel für alternative Sprachvarianten können nicht mehr einfach hinzugefügt werden, da jede Aktion auf einer anderen Tiefenebene spielen kann. Eine allgemeine Lösung hat sich dafür noch nicht etabliert. Möglich wäre die Einblendung im unteren ungenutzten Bereich der DLP-Chips in Kinoprojektoren. Allerdings würde der ständige Parallaxenunterschied zum Bild und bei weiß auf schwarz zusätzlich das Ghosting enorm stören. Auch haben nicht alle Kinos diesen Platz zur Verfügung. Optimal wäre eine stetige Anpassung der Tiefenebene der auf dem Bild liegenden Untertitel, so dass diese stets im Vordergrund liegen.⁷⁴ Derzeit sind diverse Systeme im Einsatz. Das ISDC-Forum arbeitet seit ein paar Jahren an der Beantwortung der Frage nach einem Standard, hat aus mehreren Wegen jedoch bisher keinen einheitlichen, systemübergreifenden und fehlerfreien Prozess hervorgebracht.⁷⁵

3.4.1. Kino und Themenpark

Aus Mangel an technischen Alternativen waren es schon anfangs die Kinos, welche einen finanziellen Nutzen aus stereoskopischen Filmerzeugnissen ziehen konnten. Von kommerziellem Erfolg kann man aber frühestens seit der Boomphase um 1952 sprechen.⁷⁶ Allein schon, weil die ersten S3D-Projektionssysteme keine Seriensysteme, sondern teilweise Prototypen waren und daher nicht von jedem bedient werden konnten. Vielmehr reisten die Entwickler

⁷³ Box Office Mojo: „Avatar“, 23.8.2011, URL: <http://boxofficemojo.com/movies/?id=avatar.htm>, 24.8.2011

⁷⁴ Mendiburu 2009, 187

⁷⁵ ISDCF: „Main Meeting Notes“, 12.1.2011, URL: <http://lists.isdcf.com/pipermail/isdcf-isdcf.com/attachments/20110228/8c9d0d36/attachment-0002.pdf>, Abruf: 31.7.2011

⁷⁶ Flicks: „3-D“. In: Features - History, URL: <http://www.flicks.co.nz/features/3d/history/>, Abruf: 22.7.2011

und Filmemacher von Kino zu Kino, um die korrekte Vorführung ihrer Werke sicherzustellen.

Heutzutage sind die meisten namhaften und auch immer mehr kleinere Kinos Stereo3D-fähig. Das bedeutet nicht immer auch, dass das Personal entsprechend geschult ist. Es kann z.B. vorkommen, dass die seitlichen Vorhänge zu weit ins Bild ragen, so dass das Floating Stereoscopic Window abgeschnitten wird und der „reparierende“ Effekt nicht mehr zum Tragen kommt [wie selbst erlebt, Anm. d. Verf.]. Die Fehlbedienung der Digitalprojektoren im Zuge des 3D-Angebots geht sogar so weit, dass selbst 2D-Filme betroffen sein können. Anscheinend kommt es bei mit Sony 4K-Projektoren ausgestatteten Kinos des Öfteren zu mangelhaft dunklen Projektionen. Die Ursache: aus Zeitgründen und weil der Prozess bauartbedingt eine gewisse Kompetenz voraussetzt, verzichten Filmvorführer gern oder auf Anweisung darauf, vor 2D-Vorführungen die 3D-Polfilterlinse vom Projektor zu nehmen. Infolgedessen werden die Filme mit mindestens 50% weniger Licht projiziert.⁷⁷ Solche Fahrlässigkeiten können im Kino die Qualitätskette brechen, welche von Beginn einer Filmproduktion mit hohem finanziellen Aufwand verfolgt wird – bei S3D also mit noch höherem Aufwand.

Wird eine Produktion zur (meist exklusiven) Auswertung in einem Themenpark erstellt, müssen die oft sehr spezifischen Bedingungen des jeweiligen Kunden von der Planung an (z.B. Leinwandgröße, Wiedergabesystem) berücksichtigt werden. Andererseits müssen dadurch weniger Kompromisse eingegangen werden und das 3D-Erlebnis kommt der Perfektion näher. Themenparks haben besonders außerhalb der S3D-Boomphasen einen hohen Stellenwert für die Branche gehabt. Durch ihre Aufträge konnte das Know-how trotz mangelndem Breiteninteresse weiter ausgebaut werden.

⁷⁷ Ty Burr: „A movie lover's plea: Let there be light“, 22.5.2011, In: Arts & Entertainment - Critics Book, URL: http://articles.boston.com/2011-05-22/ae/29571831_1_digital-projectors-movie-exhibition-business-screens, Abruf: 1.8.2011

3.4.2. DVD / Blu-ray

Anfang 2011 verkündete das DVD-Forum mit „Sensio 3D“ einen 3D-Standard für DVDs – das Verfahren benötigt eine Shutterbrille und eine spezielle 3D-Box, arbeitet aber sonst mit allen herkömmlichen TV-Geräten. Da die Standardbildfrequenz von 50 bzw. 60 Hz in diesem Fall pro Auge halbiert wird, kann man qualitativ nur von einem Kompromiss zwischen neuer Technologie und Abwärtskompatibilität sprechen. Mit der parallel laufenden Einführung der Blu-ray-disc rückt dieses Medium jedoch zusehends in den Hintergrund.⁷⁸

Schon Ende desselben Jahres gab die BDA (Blu-ray Disc Association) ebenfalls einen 3D-Standard bekannt. Dieser beinhaltet die Implementierung des 3D-Kontents ebenso, wie die 3D-Menü- und -Untertitelfähigkeit kommender Abspielgeräte.⁷⁹

3.4.3. Fernsehen und Internet

Nachdem 2010 nahezu alle Hersteller von TV-Geräten ihr Portfolio um 3D-fähige Modelle erweitert haben und passend dazu die Fußball-WM 2010 erste Übertragungen in 3D hervorbrachte, scheinen auch die Fernsehsender einen neuen Markt zu sehen. Die Sender stehen jedoch vor zwei Problemen: Zum Einen lässt sich die zusätzlich benötigte Bandbreite, welche einen unrentablen Kostenfaktor darstellen würde, nur durch verminderte Qualität ausgleichen, was in einer geringeren Auflösung endet. Zum Anderen muss der Kontent sowohl in 3D als auch in 2D zur Verfügung gestellt werden. Das würde unter gegebenen Bedingungen einen Extrakanal benötigen und hier greift wiederum das Kostenproblem.

⁷⁸ Thomas Richter, „Sensio 3D wird zum Standard für 3-D DVDs“, 30.1.2009, URL: <http://www.slashcam.de/news/single/Sensio-3D-wird-zum-Standard-fuer-3-D-DVDs-7347.html>, Abruf: 2.8.2011

⁷⁹ Nico Jurrán, „3D-Spezifikationen für Blu-ray Discs sind fertig“, 17.12.2009, URL: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/3D-Spezifikationen-fuer-Blu-ray-Discs-sind-fertig-888117.html>, Abruf: 2.8.2011

3D-Tile-Format:

Eine Lösung existiert bereits seit 2010 in Form des 3D-Tile-Formats, welches mittlerweile auch ASTRA einsetzt.⁸⁰ Hierbei werden beide 720p-Stereohalbbilder in einem 1080p-Bildstream untergebracht – eines unverändert, das andere aufgeteilt in den verbleibenden Platz (Abb. 10).

Abbildung 10: Beispielbild 3D-Tile-Format⁸¹



Multiview Video Coding (MVC):

Das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut hat ebenfalls 2010 eine Erweiterung zum bekannten Videokompressionsstandard H.264/AVC vorgestellt. MVC ermöglicht mehrere Ansichten in einer Videodatei bzw. einem Videostream. Bei voller Auflösung soll die Datenrate um bis zu 40% kleiner sein. Hervorzuheben ist, dass der Codec abwärtskompatibel bis hin zu aktuellen Full-HDTV-Geräten sein wird und so die 2D-Versorgung ohne Mehraufwand sichergestellt werden kann.⁸²

⁸⁰ Paolo D'Amato: „Making 3D television better to watch and more cost-effective to broadcast“, 2.8.2011, URL: <http://electronicsfeed.com/news/538>, Abruf: 3.8.2011

⁸¹ Sisvel Technology: „Making 3D television better to watch and more cost-effective to broadcast“, 2.8.2011, URL: http://electronicsfeed.com/news_images/Image_Library/Text_Images/Fun-General/2011/sisvel_20110802.jpg, Abruf: 3.8.2011

⁸² Thomas Pichler: „MVC Videoformat komprimiert 3D-Filme - Volle Qualität ohne Datenflut“, 17.8.2010, URL: <http://www.pressemitteilungen-online.de/index.php/mvc-videoformat-komprimiert-3d-filme-volle-qualitaet-ohne-datenflut/>, Abruf: 11.8.2011

Allerdings kann man bei den genannten Entwicklungen noch nicht von flächen-deckenden Standards sprechen, zumal in Deutschland nicht einmal die Umstel-lung auf HDTV abgeschlossen ist.⁸³

Die Distribution über das Internet gestaltet sich dagegen, zumindest nonkom-merziell, wesentlich komfortabler. Die kostenlose Online-Videoplattform Youtube hat seit einiger Zeit inoffiziell 3D-Funktionalität in ihren Flashplayer integriert. Dazu muss nur ein Videoclip im Side-by-side- oder Over-and-under-Format hochgeladen und als 3D-Video deklariert werden. Youtube unterstützt dabei alle gängigen Wiedergabemodi für Shutter-, Polfilter und Anaglyph Brillen sowie das freie Cross-eyed- bzw. Parallelsehen.⁸⁴ Durch das von Youtube geforderte U-plodformat wird die horizontale bzw. vertikale Auflösung quasi halbiert. Es ist davon ausgehen, dass mit steigender Performance des Breitbandinternets auch die Qualität an die von Blu-ray 3D und 3DTV angepasst wird. Allerdings fehlt der Plattform die Möglichkeit der Wiedergabe von anderen professionellen Fea-tures wie Mehrkanalton. Zur Zeit gibt es noch keine Alternative zu Youtube, a-ber andere Plattformen werden sicherlich mit ähnlichen Optionen nachziehen. Denkbar ist natürlich auch eine Auswertung im Rahmen einer autarken Website über ein Pay-per-view-System auf Accountbasis, ähnlich wie es bereits zahlrei-che S3D-Porno-Anbieter offerieren.

⁸³ Wikipedia: „High Definition Television“, 8.8.2011, URL:
http://de.wikipedia.org/wiki/High_Definition_Television#Stereoskopie_.283D_TV.29, Abruf:
11.8.2011

⁸⁴ Google Support: „Youtube: „3D-Content“, 12.7.2011, URL:
<http://www.google.com/support/youtube/bin/answer.py?hl=de&answer=157640>, Abruf: 9.8.2011

4. Aussichten

4.1. Technologien

IMAX:

Eine Sparten-Technologie innerhalb aber auch außerhalb von Stereo3D ist das 70mm-Film-Format IMAX. Neben der ursprünglichen populären Kuppelprojektion IMAX Dome wurde schon 1986 IMAX 3D vorgestellt. Die Kombination aus der enormen Auflösung und möglichen Projektionsgröße von 70mm-Film⁸⁵ und Stereo3D stellt für viele Experten bis heute das Ultima Ratio des stereoskopischen Filmerlebnisses dar. Howard Hall (Kameramann, „Into The Deep“ 1994) beschreibt im Interview mit Ray Zone, Autor „3-D Filmmakers – Conversations With The Creators Of Stereoscopic Motion Pictures“, den Unterschied zu 3D per 35mm-Film:

„With IMAX the screen is so huge and you’re sitting so close to it, the cone of 3D that projects into the audience is much, much bigger. That cone of 3D is where you get a satisfying 3D effect. So the size of the screen is hugely important to creating a good 3D image using the technologies we use today.“⁸⁶

Das 70mm-Format wurde bis vor Kurzem nur analog realisiert. Diese Arbeitsweise auszubauen wäre ein Rückschritt im Hinblick auf digitale Vorteile, den der Vorteil Bildgröße nicht kompensieren kann. Vor ein paar Jahren entwickelte die Firma Vision Research mit der Phantom 65 die erste Digitalkamera mit einem 65mm-Chip. Die Auflösung von 4K entspricht zwar einer normalen 35mm-Auflösung, doch in Zukunft könnte sie gesteigert werden. Diese Technik würde neue Möglichkeiten für Stereo3D eröffnen, denn eine sichtfüllende Projektion mit entsprechender Schärfe würde die Raumillusion entscheidend verbessern. Auch könnten Scheinfensterverletzungen bzw. das korrigierende Floating Stereoscopic Window vernachlässigt werden. Gleichzeitig müssten sich jedoch Schnitt-

⁸⁵ Wikipedia: „IMAX“, 8.8.2011, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX>, Abruf: 9.8.2011

⁸⁶ Zone 2005, 93, Zitat: Howard Hall

und Erzählgeschwindigkeit erneut zu Gunsten der besseren Realisierbarkeit des Bildes verlangsamen.⁸⁷

Ein weiterer Punkt gegen den flächendeckenden Einsatz von 65mm-3D ist die geringere Kompatibilität im Bezug auf die Auswertung via Blu-ray. Abgesehen vom fehlenden Standard gäbe es noch größere Unterschiede in der Raumdarstellung als ohnehin schon bei 35mm-3D.

Vision III - v3D System:

Die Firma Vision III Imaging hat eine patentierte Technologie entwickelt, mit der stereoskopischen Aufnahmen eine neue Komponente hinzugefügt wird. Unter der Annahme, die menschliche Iris sei ständig in Bewegung um das gesehene Bild zu scannen, imitiert man diese Bewegung – mittels eines „Adapters“ und angepasster Optiken – innerhalb des Linsenwegs und ermöglicht das sogenannte Parallax Scanning. In Anwendung mit S3D soll der Darstellung zusätzlich zu Disparität und Konvergenz mit dieser Bewegung ein neuer Informationswert implementiert werden. Auch reine 2D-Aufnahmen sollen damit eine stärker spürbare Dreidimensionalität erhalten. Das System besteht aus diversen Optiken und einer Parallax Scanning Unit.^{88 89}

Möglich machte die Entwicklung erst die Miniaturisierung und Präzisionsfertigung in der heutigen Mikroelektronik. Ob durch Vision III allerdings tatsächlich Vorteile entstehen und inwieweit diese Anklang in der Branche finden, lässt sich zu diesem Zeitpunkt nicht sagen.

⁸⁷ Zone 2005, 124 Zitat: Simon Wincer

⁸⁸ Vision III Imaging: „v3D System - strikingly more realistic“, URL: http://www.inv3.com/index.php/v3d_stereoscopic_3d_system, Abruf: 10.8.2011

⁸⁹ Wikipedia: „Vision III Imaging, Inc.“, 22.11.2009, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Vision_III_Imaging,_Inc., Abruf: 10.8.2011

4.2. Standards

Wenn Branchenzugpferde wie James Cameron erwarten, dass in fünf Jahren jeder Film in 3D produziert sein könnte⁹⁰, ist das eine wichtige Aussage, die in Kombination mit real steigender Nachfrage, die Filmsupportindustrie zum Handeln bewegen kann. Die Entwicklungen im Bereich Hard- und Software sind angelaufen, doch fehlt es in vielen Teilbereichen an Standards, auf deren Basis investiert werden kann.

Gerade im Bereich Postproduktion entstehen diese Standards oft aus einer Marktdominanz der einzelnen Softwarehersteller, anstatt auf einer Einigung innerhalb eines übergeordneten Verbandes zu basieren, wie es im Bereich Auswertung geschieht. Dieser Umstand macht es zudem schwieriger, Voraussagen bezüglich kommender Standards zu treffen, da die einzelnen Unternehmen ihre Entwicklungen meist erst kurz vor Marktreife präsentieren.

4.3. Berufsbild Stereograf

Mit neuer Technik ist auch neue Expertise gefragt. Der Stereograf betreut im Idealfall den S3D-Film über seine gesamte Produktionsdauer vom Skript- bzw. Screenwriting an. Im Vorfeld entwickelt er mit dem Regisseur das Tiefenskript und steht ihm in allen die Tiefenästhetik betreffenden Fragen zur Seite. Zudem berät er den mehr oder weniger S3D-unerfahrenen Kameramann ausgehend vom Tiefenskript bei allen Entscheidungen, die den „Tiefenstil“ des Films beeinflussen. Darüber hinaus werden die Planungen aller bildgestaltenden Departments wie Bühnenbildner, Ausstatter und Kostümbildner unter stereografischen Gesichtspunkten durchgegangen.

In der Drehphase sorgt der Stereograf für die Berechnung, Bewertung und Umsetzung der Stereoparameter, wie Stereobasis, Parallaxe oder HIT, sowohl in mathematischer als auch ästhetischer Hinsicht. Dabei behält er das Tiefenskript und die daraus resultierende Tiefenkontinuität bezüglich vorangegangener und

⁹⁰ Sean Williams: „Cameron: Every film 3D in five years“, In: digitalproductionME, 11.1.2011, URL: <http://www.digitalproductionme.com/article-3760-cameron-every-film-3d-in-five-years/>, Ab-ruf: 11.8.2011

nachfolgender Einstellungen im Blick. Es ist eine schwierige Gratwanderung, dem Kameramann zwar einerseits zu assistieren, ihn aber andererseits – trotz aller stereoskopischer Grenzen – nicht zu sehr einzuschränken.

In der Postproduktion assistiert der Stereograf dem Cutter und garantiert so weiterhin die Einhaltung des Tiefenskriptes. Überhaupt wird seine Präsenz bei allen Postproduktionsschritten empfohlen, da z.B. mittels seiner Berechnungen am Set die eventuell nachträglich erforderliche HIT durchgeführt wird oder weil er aufgrund von Erfahrungswerten weiß, mit unvermeidbaren Fehlern im Nachhinein umzugehen und so das stereoskopische Sehen für den späteren Zuschauer zu perfektionieren.⁹¹

Der Beruf des Stereografen beruht neben theoretischem und technischem Wissen vor allem auf praktischer Erfahrung, denn nicht für jede Situation sind Dogmen und mathematische Berechnungen zutreffend. Das ist auch der Grund für die anscheinend geringe Verfügbarkeit erfahrener Kräfte in diesem Bereich, was sich u.a. im Filmemacher-Netzwerk „Crew United“ widerspiegelt. Eine Suche nach dieser Fachkraft fällt hier noch relativ ergebnisarm aus.⁹² Ein weiteres Problem bringt die S3D-Unerfahrenheit der Crew mit sich. Da die Arbeitsweise des Stereografen für die meisten Neuland ist, hat er es schwerer, sich in den bestehenden Workflow eines 2D-erfahrenen Teams einzufügen. Beispielsweise kann eine kleine in 2D folgenlose Positionsänderungen eines Gegenstandes erhebliche Auswirkungen auf das S3D-Setup haben. Ein weiterer Punkt, der für das frühestmögliche Involvieren des Stereografen spricht – nicht zuletzt um Diskussionen am Set zu vermeiden.⁹³ Es wird eine gewisse Zeit brauchen, bis in der Branche flächendeckend Erfahrungswerte vorhanden sind.

⁹¹ DeSouza, Clyde: „The 6 job functions of a good Stereographer in modern 3D movies“, In: RealVision.ae Knowledge Base and stereoscopic 3D Blog, 5.8.2010, URL: <http://realvision.ae/blog/2010/08/the-6-job-functions-of-a-good-stereographer-in-modern-3d-movies/>, Abruf: 17.3.2011

⁹² Crew United: Suche – „Stereographer“, URL: <http://www.crew-united.com/>, Abruf: 19.3.2011

⁹³ Film & TV Kameramann 1/2011, 77

5. Diskussion

Es steht außer Frage, dass Stereo3D in seiner aktuellen Form und Präzision, aber vor allem mit Hilfe der digitalen Möglichkeiten innerhalb des gesamten Workflows unvergleichlich gute Chancen hat, diesmal nicht erneut von der Bildfläche zu verschwinden. Probleme, die früher dazu führten, waren hauptsächlich technischer Natur und konnten zum Großteil ausgemerzt oder zumindest auf ein verträgliches Maß minimiert werden. Heute ist es möglich, einem breiten Publikum das stereoskopische Erlebnis in Spielfilmüberlänge zu präsentieren und nur ein geringer Anteil der Zuschauer leidet unter S3D-bedingten physischen Auswirkungen wie Kopfschmerzen. Trotzdem besteht in vielerlei Hinsicht Aufholbedarf, um produktionsintern auf einem Routinelevel mit 2D-Projekten zu sein und die generelle Frage, inwiefern sich S3D-Inhalte mit 2D-Inhalten vergleichen lassen müssen.

Die aktuellen Problemstellungen lassen sich in drei Kategorien einteilen, welche zum Teil eng miteinander verbunden sind:

Produktion, Qualität und gesellschaftliche Einordnung.

Wie können die Produktionsbedingungen künftig verbessert werden?

„For a director the finished product is astounding. It is very satisfying. It's the most total movie experience you can have [..., Anm. d. Verf.: im Bezug auf IMAX-3D]. But the pain in getting there is like nothing I've ever been through before. It's not a director-friendly medium. [...] if you have a lot of time and a lot of money it can be great. But it is frustrating. It is worth it in the end.“⁹⁴

⁹⁴ Zitat: Simon Wincer, frei übersetzt: „Für einen Regisseur ist das fertige Produkt erstaunlich. Es ist sehr befriedigend. Es ist das beste Filmerlebnis, dass man haben kann. Aber die Qualen dort hinzukommen, sind wie nichts, was ich bisher durchgemacht habe. Es ist kein Regisseurfreundliches Medium. Wenn man viel Zeit und viel Geld hat, kann es toll sein, doch es ist frustrierend. Es lohnt sich am Ende.“, Zone 2005, 126

Simon Wincers Aussage im Interview mit Ray Zone zeigt, dass auch ein erfahrener Regisseur im Zwiespalt zwischen Aufwand und Ergebnis einer S3D-Produktion steht.

Das liegt zum Einen an den zahlreichen kreativen Einschränkungen durch die derzeitigen Regeln der Stereoskopie, denen der Regisseur aber auch der Kameramann unterliegt. Früher oder später wird man diese Regeln ausweiten oder sogar brechen können, doch zuvor muss das Publikum schlicht erst lernen, S3D zu konsumieren bevor man seine „Schmerzgrenzen“ sukzessive erweitert. Zum Anderen diktiert der technische und politische Entwicklungsstand die Arbeitsform und den Workflow innerhalb der Produktion, so dass in vielen Projekten auf Selfmade-/Pionierlösungen zurückgegriffen werden muss. Die Filmindustrie ist gerade dabei, Standards zu entwickeln, die den Workflow vereinheitlichen. Dies kann jedoch effektiv nur auf Grundlage von Erfahrungswerten geschehen und somit sind die Pionierprojekte ein notwendiger Schritt zu Standardisierungen. Ebenso verhält es sich mit dem benötigten Equipment hauptsächlich im Kameradepartment und in der Postproduktion. Nicht selten sind es Personen aus der Praxis, die ihre Selfmade-Lösungen zu professionellem Filmgerät weiterentwickeln und damit kommerzielle Wege gehen.

Nicht nur von außen, auch von innen müssen die Bedingungen stimmen. Oft haben die Filmschaffenden selber zu wenig oder zum Teil gar keine Erfahrung mit der 3D-Materie. Um konstruktiv mitarbeiten zu können, sollte es an einem gewissen Grundverständnis und Fachvokabular nicht fehlen. Der Stereograph Florian Maier erklärt gegenüber der Fachzeitschrift Kameramann die Möglichkeit, das unerfahrene Team durch vorbereitende Workshops mit der Thematik vertraut zu machen.

Wo liegen die Schwachstellen innerhalb der Qualitätskette?

An Stellen, wo gespart wird, treten häufig Qualitätsdefizite auf. Angefangen bei minderwertigem Equipment, über den Stereografen, der aus Kostengründen nur die Drehphase begleiten soll, bis hin zu 2D-Produktionen, die im Nachhinein S3D-konvertiert werden.

Vor allem jedoch nach der Produktion, während der Auslieferung an den Endkunden, gibt es Probleme, die es noch anzugehen gilt. Es sind zu viele Projek-

tionssysteme parallel auf dem Markt in Verwendung, doch keines ist frei von Mängeln in puncto Lichtausbeute, Farbtreue oder Kanaltrennung.

Als eher politisches Problem ist die Abhängigkeit der Tiefendarstellung vom jeweiligen Sitzplatz zu nennen. Der „falsche“ Platz kann im Extremfall eine ungleichmäßige Reflexion durch die Silberleinwand und zusätzlich eine verzerrte Darstellung der Geometrie, speziell von Volumen, zur Folge haben. Letzteres Problem lässt sich aufgrund seiner physikalischen Herkunft wohl vorerst nicht lösen, muss sich aber dennoch der Frage nach der preislichen Gleichwertigkeit der Sitzplätze stellen.

Insgesamt gesehen wäre es denkbar, eine Art S3D-Zertifikat, ähnlich des THX-Zertifikats für Surroundton, einzuführen, um die Verleiher und Kinobetreiber zur Einhaltung vorgeschriebener qualitätssichernder Maßnahmen zu bewegen. Diese Idee scheitert allerdings vorerst an besagter Standardlosigkeit innerhalb der Kinoverwertungskette.

Wo ordnen wir Stereo3D im künstlerischen und gesellschaftlichen Kontext ein?

Wenn sich in der Vergangenheit technische Evolutionen bei Film und Fernsehen ankündigten, sei es VHS oder HDTV, war bisher die Pornoindustrie mit ihrer enormen Marktmacht ein wichtiger Entscheider und Lenker. Auch in dieser Branche wird Stereo3D voraussichtlich einen hohen Stellenwert einnehmen. Denn gerade die Kernmerkmale Plastizität und Realismus in der Darstellung, die quasi „Kontext zum Anfassen“ ermöglichen, sind es, wonach hier gestrebt wird. Ein Feature, wie geschaffen für diesen Markt.

Wie und in welchem Maße aber hat S3D in der übrigen Unterhaltungswelt eine Rechtfertigung? Geht man in einen S3D-Film, wie man sich in eine Achterbahn setzt statt auf ein Fahrrad oder schaut man einen Film in S3D, wie man den dazugehörigen Ton in Surround statt Stereo hört? Ist S3D also eine neue Art der Unterhaltung oder lediglich eine technische Variante?

Fakt ist, solange die Industrie mit dem Zusatz „3D“ wirbt, solange man ca. 40% Aufpreis bezahlt und eine Spezialbrille tragen muss, wird die gesellschaftliche Wahrnehmung eher in Richtung Erlebniskino tendieren. Dieser Status Quo ist aber nicht allein der Industrie zuzuschreiben, sondern beruht auf einer Wechselwirkung mit dem Konsumenten. Dieser erwartet natürlich einen gewissen Ef-

fekt, eben weil er eine Assoziation mit den Attraktionen in Freizeitparks hat. Selbst der Besuch einer IMAX-3D-Vorstellung galt schon immer als Ereignis. Die höheren Preise sind von daher also akzeptiert. Nur kommt es jetzt zu einer Verschmelzung des traditionellen Kinos – dem eher regelmäßigen Amusement – und den hohen Preisen eines Ab-und-zu-Freizeitereignisses. Man könnte nun annehmen, dass irgendwann der Reiz dieses Ereignisses für das Publikum nachlässt, welches immer weniger bereit sein wird, die erhöhten Preise dafür zu zahlen. Falls dies eintritt, bliebe den Kinobetreibern nur, die Preise anzupassen und zu hoffen, die dennoch anfallenden Mehrkosten in der Herstellung und Auswertung über den höheren Ticketabsatz kompensieren zu können. Was aber, wenn die Menschen nicht öfter ins Kino gehen als derzeit? Die Filmindustrie hat sich nach den ersten Erfolgen auf den finanziellen Mehraufwand einer Produktion in Stereo3D eingelassen. Dieses aber nur aufgrund der momentan sehr guten Ertragsaussichten. Fallen diese auf 2D-Niveau, könnte S3D schlichtweg unrentabel werden. Die höheren Kosten erlauben es nicht, dass S3D in gleichwertiger Koexistenz zu 2D besteht. Und das zwingt die Macher so weiterhin, Effekthascherei mit diesem Instrument zu betreiben. Ein Lösungsansatz wäre, generell das Preisniveau zu senken (bei gleichbleibenden S3D-Zuschlägen), um so allgemein wieder mehr Kinobesuche zu generieren. Der damit steigende S3D-Konsum könnte gleichzeitig wie ein Training wirken, dass sowohl konditioniert als auch die überzogene Erwartungshaltung des Publikums an S3D normalisiert.

Die wichtigere Frage ist daher: Kann S3D irgendwann mit nur subtilem Einsatz und eher unbewusster Wahrnehmung ein überzeugendes Verkaufsargument sein? Das wäre der Idealfall. Das Publikum würde den Mehrwert auch ohne übertriebene und womöglich fehlplatzierte Effekte sehen, einfach durch das Bewusstsein darüber, dass die Erzählung der Geschichte emotional intensiver ist. Dieses Bewusstsein und die damit einhergehende Wertschätzung ist heutzutage noch nicht ausreichend vorhanden.

6. Schlusswort

Während der Anfertigung dieser Arbeit stieß ich auf viele Regeln, welche es gelte einzuhalten, wenn man stereoskopisch filmen will. Doch je tiefer ich mich mit der Thematik beschäftigte, desto mehr Stimmen aus der Praxis begegneten mir, die gegensätzliche Erfahrungen zu diesen Regeln gemacht hatten.

Man kann diesen Umstand vielleicht mit der Entwicklung der Sehgewohnheiten in Film und Fernsehen unter dem Einfluss des Musiksenders MTV vergleichen. Der sich schnell durchsetzende Stil des Musikfernsehens brach damals mit vielen Vorgaben des Videoschnitts und kehrte in wenigen Jahren die Sehgewohnheiten der Zuschauer um. Techniken, die vorher verpönt waren, sah man schnell als erfrischend und „in“ an. Viele dieser stilistischen Neuerungen sind heute nicht mehr wegzudenken und werden mittlerweile als klassisch gelehrt.

Meine Schlussfolgerung daraus ist, dass die derzeitigen „Regeln“ der stereoskopischen Filmproduktion nicht dogmatisch anwendbar sind und genauso wenig in dieser Form verbreitet werden sollten. Sie können allenfalls als Richtlinien gelten, unter denen man funktionierendes Stereo3D sicherstellt. Darüber hinaus ist es eher wünschenswert, dass möglichst viel am Rande dieser Vorgaben experimentiert wird, denn dies steigert im Laufe der Zeit die Flexibilität der Zuschauer im Umgang mit stereoskopischem Kino bzw. Fernsehen. Auch die grundsätzliche Akzeptanz der Zuschauer gegenüber Stereo3D ist davon abhängig, dass sich Sehgewohnheiten über einen gewissen Konsumzeitraum ändern. Man kann also nur hoffen, dass die Nachfrage nach S3D-Filmen lang genug aufrecht erhalten werden kann, um diesen Wandel mittelfristig hervorzurufen.

Ich, als Kameramann, hatte zu Beginn der Bearbeitung dieses Themas das ernsthafte Interesse, mich in Richtung S3D-Spezialisierung weiterzubilden. Im Nachhinein bin ich in meiner Motivation doch sehr gebremst. Gerade die vielen kreativen Einschränkungen zu Gunsten der technischen Güte, nehmen einem das Gefühl, ein Regisseur des Bildes zu sein denn vielmehr ein Bildtechniker.

Danksagung

Mein Dank gilt allen Menschen, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt und ermutigt haben.

Vielen Dank!

Literaturverzeichnis

Bücher:

Kögel, Gustav: „Der plastische Film“, Stuttgart 1934

Mendiburu, Bernard: „3D Movie Making – Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen“, USA 2009

Zone, Ray: „3-D filmmakers – Conversations with Creators of Stereoscopic Motion Pictures“, USA 2005

Periodika:

Bolliger, Matthias: „Stereo-3D“, In: Film & TV Kameramann, Ausgabe 20.12.2010, 60. Jahrgang, München 2010

Bolliger, Matthias: „Stereo-3D – Marc Briede“ (Interview), In: Film & TV Kameramann, Ausgabe 20.12.2010, 60. Jahrgang, München 2010

Bolliger, Matthias: „Stereo-3D Teil 2“, In: Film & TV Kameramann, Ausgabe 20.1.2011, 60. Jahrgang, München 2011

Bolliger, Matthias: „Stereo-3D Teil 2 – Florian Maier“ (Interview), In: Film & TV Kameramann, Ausgabe 20.1.2011, 60. Jahrgang, München 2011

Dockhorn, Katharina: „Mystery-Thriller in 3D: Das verbotene Mädchen“ (Interview), In: Film & TV Kameramann, Ausgabe 20.4.2011, 60. Jahrgang, München 2011

Internet:

3D Vision Blog: „Mobile Stereo Base Calculators for Shooting 3D Photos and 3D Video“, 4.2.2011, URL: <http://3dvision-blog.com/tag/cine3d-stereographer/>, Abruf: 28.7.2011

d'Amato, Paolo: „Making 3D television better to watch and more cost-effective to broadcast“, 2.8.2011, URL: <http://electronicsfeed.com/news/538>, Abruf: 3.8.2011

Box Office Mojo: „Avatar“, 23.8.2011, URL: <http://boxofficemojo.com/movies/?id=avatar.htm>, 24.8.2011

Box Office Mojo: „Kino-Jahrescharts 2010“, 20.7.2011, URL: <http://boxofficemojo.com/yearly/chart/?yr=2010&view=releasedate&view2=domestic&sort=gross&order=DESC&p=.htm>, Abruf: 20.7.2011

- Burr**, Ty: „A movie lover’s plea: Let there be light“, 22.5.2011, In: Arts & Entertainment - Critics Book, URL: http://articles.boston.com/2011-05-22/ae/29571831_1_digital-projectors-movie-exhibition-business-screens, Abruf: 1.8.2011
- Crew United**: Suche – „Stereographer“, URL: <http://www.crew-united.com/>, Abruf: 19.3.2011
- DeSouza**, Clyde: „The 6 job functions of a good Stereographer in modern 3D movies“, In: RealVision.ae Knowledge Base and stereoscopic 3D Blog, 5.8.2010, URL: <http://realvision.ae/blog/2010/08/the-6-job-functions-of-a-good-stereographer-in-modern-3d-movies/>, Abruf: 17.3.2011
- Flicks**: „3-D“. In: Features - History, URL: <http://www.flicks.co.nz/features/3d/history/>, Abruf: 22.7.2011
- Friedel**, Wolf: „ARRI Alexa vs. RED One“, In: Berliner Film-Blog des BAF e.V., 2.12.2010, URL: <http://www.baf-berlin.de/blog/index.php?archives/1366-ARRI-Alexa-vs.-RED-One.html>, Abruf: 28.7.2011
- Garrahan**, Matthew: „3D-Filme können US-Kino nicht retten“. In: Financial Times Deutschland, 5.1.2011, URL: <http://www.ftd.de/it-medien/medien-internet/kino-3-d-filme-koennen-us-kino-nicht-retten/50211430.html>, Abruf: 20.7.2011
- Gardner**, Brian: „Perception and The Art of 3D Storytelling“, 2009, URL: http://library.creativecow.net/articles/gardner_brian/magazine_3d_storytelling/seq_10_1_depth_script_050109.jpg, Abruf: 21.7.2011
- Google Support**: „Youtube: „3D-Content“, 12.7.2011, URL: <http://www.google.com/support/youtube/bin/answer.py?hl=de&answer=157640>, Abruf: 9.8.2011
- Hart**, John: „John’s 3D Guide“, 11/2004, URL: http://www.crystalcanyons.net/pages/3dguidebook/Registration_StereoWindow.htm, Abruf: 24.8.2011
- Hemenway**, Nick: „Depth Positioning“, URL: <http://stereovantage.com/wp-content/uploads/2010/11/E3.jpg>, Abruf: 24.8.2011
- Herbig**, Gerhard P.: „Tiefenwahrnehmung bei der Stereoprojektion“, 27.6.2005, URL: <http://www.herbig-3d.de/german/tiefenwahrnehmung.htm>, Abruf: 11.8.2011
- Hines**, Steve: „Disney 3-D Camera Rig“, URL: http://hineslab.com/HinesLab_website_folder/Disney_3-D_Rig_files/DisneyRig1Steve.jpg, Abruf: 27.7.2011
- Imartis AG**: „Digital 3D and the SwissRig – Demo at Birns and Sawyer“, 2011, URL: http://swissrig.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9%3Adigital-3d-and-the-swissrig-demo-at-birns-and-sawyer&catid=2&Itemid=2, Abruf: 27.7.2011

- ISDCF:** „Main Meeting Notes“, 12.1.2011, URL:
<http://lists.isdcf.com/pipermail/isdcf-isdcf.com/attachments/20110228/8c9d0d36/attachme nt-0002.pdf>, Abruf: 31.7.2011
- Jurran,** Nico: „3D-Spezifikationen für Blu-ray Discs sind fertig“, 17.12.2009, URL:
<http://www.heise.de/newsticker/meldung/3D-Spezifikationen-fuer-Blu-ray-Discs-sind-fertig -888117.html>, Abruf: 2.8.2011
- Movie College:** „3-D Tipps“, 2009, URL:
<http://www.movie-college.de/filmschule/kamera/3dtipps.htm>, Abruf: 26.7.2011
- „Olsson“** (Forum-Pseudonym): „Negativparallaxe“, In: „Spezial - Hintergründe zur 3D-Technik“, 24.3.2011, URL:
http://www.digitalfernsehen.de/fileadmin/ds/Bilder-Datenbank/Produkte_und_Technik/Video/3D/Allgemein/3D_Hintergrundinfos/3d-effekte2.jpg, Abruf: 13.7.2011
- „Olsson“** (Forum-Pseudonym): „Positivparallaxe“, In: „Spezial - Hintergründe zur 3D-Technik“, 24.3.2011, URL:
http://www.digitalfernsehen.de/fileadmin/ds/Bilder-Datenbank/Produkte_und_Technik/Video/3D/Allgemein/3D_Hintergrundinfos/3d-effekte.jpg, Abruf: 13.7.2011
- Palmer,** Gary: „3-D Film List“, 2011, URL: <http://www.the3drevolution.com/3dlist.html>, Abruf: 18.7.2011
- Pichler,** Thomas: „MVC Videoformat komprimiert 3D-Filme - Volle Qualität ohne Datenflut“, 17.8.2010, URL:
<http://www.pressemitteilungen-online.de/index.php/mvc-videoformat-komprimiert-3d-filme -volle-qualitaet-ohne-datenflut/>, Abruf: 11.8.2011
- Pille Filmgeräteverleih GmbH:** „Stereo Rigs and accessories: Stereo Tango Rig“, 14.9.2010, URL: http://www.pillefilm-3d.de/wp-content/uploads/2010/09/Tango_web.jpg, Abruf: 13.7.2011
- Richter,** Thomas: „Sensio 3D wird zum Standard für 3-D DVDs“, 30.1.2009, URL:
<http://www.slashcam.de/news/single/Sensio-3D-wird-zum-Standard-fuer-3-D-DVDs-7347.html>, Abruf: 2.8.2011
- Sander,** Ralf: „Hollywood will nicht mehr flach sein“. In: Stern, 16.12.2009, URL:
<http://www.stern.de/digital/homeentertainment/avatar-das-comeback-der-3d-technik-hollywood-will-nicht-mehr-flach-sein-1529910.html>, Abruf: 20.7.2011
- Sisvel Technology:** „Making 3D television better to watch and more cost-effective to broadcast“, 2.8.2011, URL:
http://electronicsfeed.com/news_images/Image_Library/Text_Images/Fun-General/2011/sisvel_20110802.jpg, Abruf: 3.8.2011
- Steinberger,** Thomas: „Dauber parallaxe vorlage“, URL:
http://wiki.malerfreunde.com/Datei:Dauber_parallaxe_vorlage.jpg, Abruf: 13.7.2011

- Trozinski**, Christian: „Spezial – Hintergründe zur 3D-Technik“, 24.2.2011, URL: <http://www.dreambox-images.com/dream/index.php/index.php?page=Thread&threadID=40615>, Abruf: 14.7.2011
- Vision III Imaging**: „v3D System - strinkingly more realistic“, URL: http://www.inv3.com/index.php/v3d_stereoscopic_3d_system, Abruf: 10.8.2011
- Wikipedia**: „3-D film“, 16.7.2011, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/3-D_film#Polarization_systems, Abruf: 18.7.2011
- Wikipedia**: „Captain EO“, 20.5.2011, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Captain_EO, Abruf: 18.7.2011
- Wikipedia**: „Fotografie“, 20.6.2011, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Fotografie>, Abruf: 17.7.2011
- Wikipedia**: „High Definition Television“, 8.8.2011, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/High_Definition_Television#Stereoskopie_.283D_TV.29, Abruf: 11.8.2011
- Wikipedia**: „IMAX“, 8.8.2011, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/IMAX>, Abruf: 9.8.2011
- Wikipedia**: „Stereoskopie“, 17.5.2011, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Stereoskopie>, Abruf: 13.7.2011
- Wikipedia**: „T2 3-D: Battle Across Time“, 26.7.2011, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/T2_3-D:_Battle_Across_Time, Abruf: 18.7.2011
- Wikipedia**: „Vision III Imaging, Inc.“, 22.11.2009, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Vision_III_Imaging,_Inc., Abruf: 10.8.2011
- Williams**, Sean: „Cameron: Every film 3D in five years“, In: DigitalproductionME, 11.1.2011, URL: <http://www.digitalproductionme.com/article-3760-cameron-every-film-3d-in-five-years/>, Abruf: 11.8.2011
- ZGC**: „Stereotec 3D Side-by-Side Rig MAXI PRO“, URL: [http://www.zgc.com/webstore.nsf/0/A7F478ECEDDD45F1852576EF006D6DBC/\\$File/stereotec_sbs-maxi_canon_400.jpg?OpenElement](http://www.zgc.com/webstore.nsf/0/A7F478ECEDDD45F1852576EF006D6DBC/$File/stereotec_sbs-maxi_canon_400.jpg?OpenElement), Abruf: 13.7.2011
- Zsolt**, Wilhelm: „Formatschlacht um 3D-Filme ist entfacht“, 29.12.2009, URL: <http://derstandard.at/1259282805595/Format-War-Formatschlacht-um-3D-Filme-ist-entfacht>, Abruf: 13.7.2011